



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

# Diseño y fabricación de un mosquetón para sujeción del animal de compañía en sus paseos diarios

---

**MEMORIA PRESENTADA POR:**

*Pablo Montoyo Gomis*

**TUTOR:**

*Antonio Vicente Martínez Sanz*

**COTUTOR:**

*José Ignacio Martínez Sánchez*

GRADO DE INGENIERÍA MECÁNICA

Convocatoria de defensa: Septiembre del 2021

## **RESUMEN**

El mosquetón para el arnés o collar de una mascota es un elemento de unión intermedio entre la sujeción que porta en su cuerpo el animal y la correa con la que el dueño controla su paseo.

Este elemento debe de soportar tensiones ejercidas por el impulso del animal sobre el usuario que sujeta el extremo contrario de la correa. Los mosquetones comerciales suelen ser económicos y de factura sencilla, teniendo en común un elemento móvil que es el que se encarga de sellar a la unión alrededor de un anillo de metal que va unido al arnés o collar del animal en cuestión.

En este proyecto consistirá en diseñar un nuevo enganche de mosquetón para mascota con la capacidad de unirse con tan solo aproximarlos a la otra mitad de este, la cual residirá permanentemente en el arnés del animal. Una vez unidos magnéticamente, se desplegará el mecanismo de cierre sin acción del usuario uniendo de manera sólida ambas secciones. Y finalmente conocer cuál será el mejor modelo de fabricación para dicho diseño mecánico, así como los distintos materiales en los que se podría conformar dicho artefacto.

## **PALABRAS CLAVE**

Mosquetón; Animal de compañía; Imanes; Mecanismo.

## **ABSTRACT**

The carabiner for a pet's harness or collar, is an intermediate connecting element between the fastening that the animal carries on its body and the strap with which the owner controls his walk.

This element must withstand tensions exerted by the impulse of the animal on the user who holds the opposite end of the strap. Commercial carabiners are usually cheap and simple, having in common a mobile element that is responsible for sealing the joint around a metal ring that is attached to the harness or collar of the animal in question.

This project will consist of designing a new carabiner hitch for pets with the ability to join just by bringing it closer to the other half of it, which will permanently reside in the animal's harness. Once magnetically attached, the closure mechanism will unfold without user action, solidly joining both sections. And finally, to know which will be the best manufacturing model for said mechanical design, as well as the different materials in which said artifact could be formed.

## **KEYWORDS**

Carabiner; Pet; Magnets; Mechanism.

## **RESUM**

El mosquetó per a l'arnés o collaret d'una mascota és un element d'unió intermedi entre la subjecció que porta en el seu cos l'animal i la corretja amb la qual l'amo controla el seu passeig.

Aquest element ha de suportar tensions exercides per l'impuls de l'animal sobre l'usuari que subjecta l'extrem contrari de la corretja. Els mosquetons comercials solen ser econòmics i de factura senzilla, tenint en comú un element mòbil que és el que s'encarrega de segellar a la unió al voltant d'un anell de metall que va unit a l'arnés o collaret de l'animal en qüestió.

Aquest projecte consistirà a dissenyar un nou enganxament de mosquetó per a mascota amb la capacitat d'unir-se amb tan sols aproximar-ho a l'altra meitat d'aquest, la qual residirà permanentment en l'arnés de l'animal. Una vegada units magnèticament, es desplegarà el mecanisme de tancament sense acció de l'usuari unint de manera solguda totes dues seccions. I finalment conèixer quin serà el millor model de fabricació per a aquest disseny mecànic, així com els diferents materials en els quals es podria conformar aquest artefacte.

## **PARAULES CLAU**

Mosquetó; Animal de companyia; Imants; Mecanisme.

## **Agradecimientos**

Quiero agradecer todo el esfuerzo y la colaboración que he recibido a lo largo de la generación de este proyecto y de toda mi carrera a mis padres, a mi novia, mi hermana, y por supuesto a mis abuelos.

No podría haber llegado hasta aquí sin la inestimable amistad de mi compañero de carrera Matías y mis amigos de la universidad Javi, Julen, Jordi y Ángel.

Quiero también agradecer a mis tutores el gran apoyo que me han brindado durante este tiempo y a su dedicación para con los docentes.

# Índice

<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>I.1 Descripción del elemento</b>	<b>1</b>
<b>I.2 Antecedentes</b>	<b>1</b>
I.2.1 Historia de los Mosquetones para mascotas	1
I.2.2 Inspiración para la realización de este trabajo	4
I.2.3 Motivación	4
<b>I.3 Objetivos</b>	<b>5</b>
I.3.1 Global	5
I.3.2 Específicos	5
<b>I.4 Limitaciones</b>	<b>6</b>
I.4.1 Limitación de Prototipo	6
I.4.2 Limitación de proceso de fabricación	6
I.4.3 Limitación de Peso	7
I.4.4 Limitación de Volumen	7
I.4.5 Limitaciones Tecnológicas	7
I.4.6 Limitación de materiales/diseño	7
<b>I.5 Estudio de la competencia</b>	<b>8</b>
I.5.1 Empresas y modelos	8
I.5.2 Zona de influencia	10
I.5.3 Cantidad de producto	11
I.5.4 Cliente potencial	11
<b>I.6 Software Utilizado</b>	<b>11</b>
I.6.1 Modelado e impresión 3D	11
I.6.2 Estudio por elementos finitos	12
I.6.3 Elección de materiales	12
<b>II. DESARROLLO DEL TRABAJO</b>	<b>13</b>
<b>II.1 Sistemas/Subsistemas/Componentes</b>	<b>13</b>
<b>II.2 Diseños preliminares</b>	<b>17</b>
II.2.1 Diseño preliminar 1, Carcasa superior con ejes	17
II.2.2 Diseño preliminar 2, Garra con piñón y árbol dentado interno.	18
II.2.3 Diseño preliminar 3, Sistema de anclaje pasivo.	19
II.2.4 Diseño preliminar 4, Unión a correa.	21
II.2.5 Diseño preliminar 5, Gatillo y accionamiento automático.	22
<b>II.3 Elección del diseño Final</b>	<b>23</b>

<b>II.4</b>	<b>Selección del Material</b> .....	25
<b>II.5</b>	<b>Fabricación</b> .....	30
<b>II.6</b>	<b>Cálculos</b> .....	36
II.6.1	Fuerza magnética.....	37
II.6.2	Fuerza de los muelles.....	41
II.6.3	Simulación por elementos finitos .....	43
<b>III.</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	49
<b>III.1</b>	<b>Solución Final</b> .....	49
III.1.1	Subsistema superior.....	49
III.1.2	Subsistema inferior .....	60
III.1.3	Elementos normalizados .....	63
<b>III.2</b>	<b>Funcionamiento</b> .....	70
<b>III.3</b>	<b>Prototipado e impresión 3D de la maqueta</b> .....	77
<b>III.4</b>	<b>Presupuesto</b> .....	82
<b>III.5</b>	<b>Conclusiones</b> .....	86
<b>IV.</b>	<b>Bibliografía</b> .....	87

## Índice de Figuras

Figura 1. Ejemplos de Mosquetones. Imágenes de SupAir (izquierda) y candados-cerraduras.com (derecha).	1
Figura 2. Grabado Mesopotámico de un perro atado y su dueño, siglo XXXIII A.C.	2
Figura 3. Collar Egipcio con anilla para perro, siglo XV A.C.	2
Figura 4. A la Izquierda, el alpinista Otto Herzog y a la derecha su mosquetón.	3
Figura 5. Mosquetón Pierre Allain.	3
Figura 6. Mosquetones para mascota actuales. Imagen de Camnal (izquierda), de amazon.es (centro), aliexpress.com (derecha).	4
Figura 7. Mosquetón de gatillo, mosquetón de bombero(centro) y mosquetón de pinza (derecha). Imágenes de Pet Hardware.com.	8
Figura 8. Mosquetón SpeedDog. Perteneciente a SpeedDog.com.	9
Figura 9. Mosquetón Kimjee para mascotas. Imagen de Kimjee.com	9
Figura 10. Bosquejo inicial del diseño.	13
Figura 11. Bosquejo inicial de la pieza Carcasa.	14
Figura 12. Bosquejo de la pieza Árbol interior.	14
Figura 13. Bosquejo inicial de la pieza Garra.	15
Figura 14. Bosquejo inicial de la Pieza inferior imantada y su posición respecto a la Carcasa.	15
Figura 15. Hebilla de arnés o collar de mascota comercial.	15
Figura 16. Bosquejo inicial del acoplamiento inferior con hebilla incorporada.	16
Figura 17. Imagen extraída del programa SolidWorks correspondiente a la carcasa preliminar.	17
Figura 18. Sistema de garra con piñón.	18

Figura 19. Eje central dentado.....	19
Figura 20. Vista isométrica del diseño de la sección inferior con los orificios para garras y el acople cónico. ....	20
Figura 21. Captura en planta del diseño preliminar de la sección inferior. ....	20
Figura 22. Vista isométrica del acoplamiento para correa en carcasa. ....	21
Figura 23. Vista isométrica del acoplamiento para correa con los huecos para imanes. ....	22
Figura 24. Vista frontal del gatillo y la posición del muelle. ....	23
Figura 25. Vista de sección con muelle exagerado. ....	23
Figura 26. Vista seccionada del conjunto mosquetón en posición de apertura de garras. ....	24
Figura 27. Vista seccionada del conjunto mosquetón en posición de cierre de garras sobre el subconjunto inferior. ....	25
Figura 28. Recopilación de los procesos admitidos por este material para su conformación. ....	31
Figura 29. Pieza Anclaje pasivo.....	32
Figura 30. Piezas Unión inferior, Unión a arnés y unión a correa .....	32
Figura 31. Carcasa. ....	33
Figura 32. Árbol con Seguro. ....	34
Figura 33. Árbol con Gatillo.....	34
Figura 34. Embellecedor.....	34
Figura 35. Seguro. ....	35
Figura 36. Garra. ....	36
Figura 37. Gatillo.....	36
Figura 38. Validación práctica de la distancia de magnetización de ambos imanes. ....	39
Figura 39. Vista de sección del ensamblaje en el que se aprecia la posición del Muelle 1 dentro del conjunto.....	41
Figura 40. Emplazamiento del Muelle 2 junto con el Árbol con seguro. ....	43
Figura 41. Logotipo de certificación por la organización Tierschutz-Kennzeichen.....	44
Figura 42. Imagen del Arnés Power IDC de Julius K9 para can de 30kg. ....	44
Figura 43. Representación ANSYS del primer conjunto de piezas, con la solicitud y las restricciones situadas.....	45
Figura 44. Simulación de deformación total del primer conjunto. ....	46
Figura 45. Simulación tensión equivalente del primer conjunto.....	47
Figura 46. Simulación de coeficiente de seguridad del primer conjunto.....	47
Figura 47. Simulación de deformación total del segundo conjunto. ....	48
Figura 48. Simulación tensión equivalente del segundo conjunto. ....	48
Figura 49. Simulación de coeficiente de seguridad del segundo conjunto. ....	48
Figura 50. Imagen del ensamblaje del Subsistema Superior.....	49
Figura 51. Carcasa del mosquetón.....	50
Figura 52. Vista en planta de la Carcasa del Mosquetón. ....	50
Figura 53. Cara opuesta de la Carcasa del Mosquetón. ....	51
Figura 54. Imagen del modelo 3D de Árbol con gatillo. ....	52
Figura 55. Seguro para gatillo.....	53
Figura 56. Ampliación de la pieza Carcasa en la que se aprecia la ubicación del Seguro para Gatillo. ....	54
Figura 57. Diseño 3D de la Garra. ....	55
Figura 58. Vista seccionada en la que se aprecia al Árbol con Gatillo y la terminación de la Garra en sitio.....	56
Figura 59. Pieza Unión para correa.....	56
Figura 60. Sección de unión en Carcasa para la pieza Unión para correa.....	57



Figura 61. Acopamiento de las piezas Unión para correa y Carcasa con los tornillos con la hebilla de la correa. ....	58
Figura 62. Pieza Inferior en vista isométrica. ....	58
Figura 63. Imagen en planta de Pieza inferior. ....	59
Figura 64. Vista posterior de la Pieza Inferior. ....	59
Figura 65. Imagen del ensamblaje de la Pieza inferior con la tornillería colocada. ....	60
Figura 66. Ensamblaje del Subsistema inferior. ....	60
Figura 67. Pieza Anclaje Pasivo modelada en SolidWorks. ....	61
Figura 68. Vista trasera de la pieza Anclaje Pasivo. ....	62
Figura 69. Imagen isométrica de la pieza Unión a arnés. ....	63
Figura 70. Imanes de Neodimio utilizados. ....	63
Figura 71. Vista partida del ensamblaje en la que en su centro se aprecia la posición de los dos imanes de 15 mm de diámetro. ....	64
Figura 72. Ampliación de la sección del ensamblaje en la que se encuentran ubicados los imanes de 5mm de diámetro. ....	64
Figura 73. Medidas para la selección del muelle cortesía de springmakers.net. ....	65
Figura 74. Representación gráfica del Muelle 1. ....	65
Figura 75. Imagen del modelo CAD del Muelle 2. ....	66
Figura 76. Vista seccionada en la que se puede apreciar la posición que ocupa el Muelle 2 en el ensamblaje. ....	66
Figura 77. Ensamblaje del conjunto mosquetón en planta donde se puede apreciar la posición del tornillo del Gatillo. ....	67
Figura 78. Ampliación del ensamblaje Mosquetón en el que se ven las posiciones de los tornillos ejes de las Garras. ....	68
Figura 79. Posición de la tornillería en la pieza Unión para Correa. ....	68
Figura 80. Posición de los tornillos de la Unión para Arnés. ....	69
Figura 81. Ampliación de la sección en la que se encuentran los tornillos de la Pieza Inferior. ....	69
Figura 82. Aproximación del subsistema superior al inferior mediante magnetismo. ....	70
Figura 83. Sistema acoplado, sin despliegue de garras. ....	71
Figura 84. Posición del Árbol con gatillo sin acoplamiento. ....	71
Figura 85. Posición del Árbol con Seguro con acoplamiento. ....	71
Figura 86. Posición inicial del Seguro sin acoplamiento. ....	72
Figura 87. Posición final del Seguro con acoplamiento. ....	72
Figura 88. Posición inicial del Gatillo. ....	73
Figura 89. Posición final del Gatillo. ....	73
Figura 90. Posición inicial del Árbol con Gatillo y las garras. ....	74
Figura 91. Posición inicial del Árbol con Gatillo y las garras. ....	74
Figura 92. Posición inicial de las garras. ....	75
Figura 93. Posición final de las garras. ....	75
Figura 94. Empuje del gatillo y apertura de garras. ....	76
Figura 95. Separación de los subsistemas y retorno del Seguro a posición de inicio. ....	76
Figura 96. Captura del modelo STL de la pieza Carcasa. ....	77
Figura 97. Entorno 3D del programa CURA con la pieza Carcasa centrada. ....	78
Figura 98. Simulación de la geometría de apoyo (azul) y la pieza Carcasa ( rojo, verde y amarillo). ....	78
Figura 99. Pieza con simulación de soportes inicial. ....	79
Figura 100. A la derecha en color gris oscuro, los bloqueos de soporte, a la derecha las secciones señaladas sin soporte. ....	79

Figura 101. Primera parte de los parámetros del Cura.....	80
Figura 102. Segunda parte de los parámetros del Cura.....	81
Figura 103. Estimación del tiempo de procesado de la pieza, coste aproximado y cantidad en gramos y metros de material que se usará. ....	81
Figura 104. Imagen de la pieza y los soportes recién terminada la impresión. ....	82
Figura 105. Imagen de la pieza tras retirarle los soportes y aplicarle un lijado fino. ....	82

## Índice de Gráficos

Gráfico 1. Comparativa del límite elástico frente al impacto sobre la huella de carbono. ....	25
Gráfico 2. Cribado sobre la comparativa del límite elástico frente al impacto sobre la huella de carbono. ....	26
Gráfico 3. Comparativa entre densidad y dureza del material.....	27
Gráfico 4. Comparativa cribada entre densidad y dureza del material. ....	27
Gráfico 5. Disolventes orgánicos frente a precio.....	28
Gráfico 6. Limitación aplicada a disolventes orgánicos frente a precio. ....	28
Gráfico 7. Coste en €/Kg frente a si es reciclable el material, con limitador. ....	29
Gráfico 8. Fundición frente a Densidad ( $\text{Kg/m}^3$ ), con discretización en rectángulo. ....	29
Gráfico 9. Comparativa de limite elástico frente a precio en €/Kg.....	30
Gráfico 10. Imán con coeficiente N33. Gráfico proporcionado por fabricante SuperMagnete. .	38
Gráfico 11. Imán con coeficiente N38. Gráfico proporcionado por fabricante SuperMagnete. .	38
Gráfico 12. Imán con coeficiente N42. Gráfico proporcionado por fabricante SuperMagnete. .	39
Gráfico 13. Relación entre distancia y Fuerza de atracción del Imán 1. Gráfico proporcionado por fabricante SuperMagnete. ....	40
Gráfico 14. Relación entre distancia y Fuerza de atracción del Imán 2. Gráfico proporcionado por fabricante SuperMagnete. ....	40
Gráfico 15. Representación ANSYS del segundo conjunto de piezas, con la solicitud y la restricción posicionada. ....	46

## Índice de Tablas

Tabla 1. Precios de materiales.....	83
Tabla 2. Precios de procesos. ....	84
Tabla 3. Precios de Elementos normalizados. ....	85
Tabla 4. Presupuesto de fabricación.....	85
Tabla 5. Precio final para cliente.....	86

# I. INTRODUCCIÓN

## I.1 Descripción del elemento

Un mosquetón es un elemento de tipo grillete con forma de anilla el cual se puede encontrar de forma comercial en acero, aleaciones muy livianas de aluminio e incluso en aleaciones de titanio. Este sistema de sujeción cuenta de dos partes, una primera parte sería la anilla o cuerpo del mosquetón, que da forma al sistema y lo dota de la capacidad de soportar los esfuerzos de tensión, y el segundo es el sistema de cierre o pestillo conocido como “el gozne”, el cual es abatible y autoposicionable, conforma el sistema cerrando la anilla por su extremo abierto. Adicionalmente a este sistema de cierre se puede encontrar un seguro, normalmente enroscable, el cual impide el desplazamiento del gozne una vez cerrado. A continuación, se muestran diversos ejemplos de este tipo de enganches comerciales.



*Figura 1. Ejemplos de Mosquetones. Imágenes de SupAir (izquierda) y candados-cerraduras.com (derecha).*

Este elemento es utilizado comunmente en escalada, barranquismo, montañismo, espeleología, entre otras actividades, para la correcta unión de las cuerdas o los diversos elementos de arriostamiento del usuario enentre si, evitando de este modo la caída del mismo. Por lo tanto, no es de extrañar que se utilice de la misma forma para dotar de enganche al animal de compañía impidiendo su escapatoria.

## I.2 Antecedentes

### I.2.1 Historia de los Mosquetones para mascotas

Desde que el ser humano tiene uso de razón, siempre se ha tendido a la domesticación de los animales salvajes para, con ello conseguir animales domésticos para realizar tareas de fuerza, de defensa de propiedades o incluso para cazar. Por lo tanto, desde ese primer momento, el primer objetivo siempre ha sido el de sujetar e impedir la huida del animal capturado. Es por ello que se crean los primeros elementos de sujeción para animales.



*Figura 2. Grabado Mesopotámico de un perro atado y su dueño, siglo XXXIII A.C.*

En sus inicios, estos consistían en simples cuerdas conformadas con fibras naturales o retales de cuero entrelazados que se situaban alrededor del cuello del animal, impidiendo su huida por medio del estrangulamiento en caso de tratara de zafarse. Con el paso del tiempo, la cuerda de estrangulameiento fue siendo sustituida por los collares y los arneses para animales domésticos, de forma que la cuerda tan solo era ligada mediante un nudo al propio collar o a una anilla metálica. Este es el primer comienzo de los mosquetones que se conocen hoy en día.



*Figura 3. Collar Egipcio con anilla para perro, siglo XV A.C.*

La historia de este elemento de sujeción o mosquetón, se remonta a la década de los 60 en el siglo XIX. Cuando el cuerpo de bomberos de Múnich en Alemania, inventaron el primer mosquetón, conocid como “Karabinier”, a partir de un elemento que ya utilizaban con anterioridad; la hebilla de sus cinturones. Y no es hasta principios del siglo XX en el que el alpinista Otto Herzog introduce al mosquetón dentro de los útiles para alpinismo. Posteriormente, 1935 se crea el primer mosquetón que poseía un seguro roscado.



*Figura 4. A la izquierda, el alpinista Otto Herzog y a la derecha su mosquetón.*

En 1939, Pierre Allain, escalador francés, crea los primeros mosquetones de aluminio, fabricados en duraluminio, el cual no se llegó a comercializar inmediatamente debido a la cuota de mercado que poseían los mosquetones de aleación de acero.



*Figura 5. Mosquetón Pierre Allain.*

Debido al conflicto que supuso la Segunda guerra mundial, todas las aleaciones de acero iban destinadas al sector armamentístico. Por ello, en 1941, el escalador Bill House, desarrolló el primer sistema de mosquetón fabricado enteramente con aleación de aluminio (aleación S-T24), obteniendo así un mosquetón de iguales dimensiones y prestaciones, pero hasta tres veces más ligero que el conformado en aleación de acero. En 1958, Pierre Allain, creó el modelo "Zicral" el cual poseía un alto porcentaje de zinc y aluminio (aleación 7075-T6), mejorando las características mecánicas que poseía el de Bill House.

En la actualidad, dependiendo del tipo de animal que se vaya a sujetar, se aplican diversos modelos de mosquetón, dependiendo del peso del animal, la fuerza del mismo y la actividad que se vaya a realizar con el mismo. Usualmente se encuentran en las tiendas especializadas el tipo de mosquetón clásico para mascota, aunque, si el animal supera los 40kg de peso, es recomendable utilizar una sujeción igual a la que es utilizada por los escaladores, ya que es capaz de resistir estos esfuerzos de forma más óptima y tiene una mayor vida útil.



*Figura 6. Mosquetones para mascota actuales. Imagen de Camnal (izquierda), de amazon.es (centro), aliexpress.com (derecha).*

### I.2.2 Inspiración para la realización de este trabajo

Para este proyecto se hizo acopio de las distintas fuerzas que puede llegar a ejercer sobre el usuario una mascota de 30kg, teniendo en cuenta su rango de actividad y excitación a la hora de ver a su dueño cuando es la hora de salir a la calle a realizar los paseos diarios. Este proyecto se centra en encontrar una solución óptima a un problema real como es la dificultad para determinadas personas de enganchar correctamente y al primer intento la correa con la sujeción corporal del animal en cuestión. La solución consiste en generar un elemento óptimo, capaz de unirse al animal de forma autónoma.

### I.2.3 Motivación

En este apartado se describen las motivaciones que han llevado a la obtención y desarrollo de la idea sobre la que trata este trabajo de final de grado de ingeniería mecánica.

- Conseguir una alternativa vanguardista, cómoda de colocar y con una relación precio/prestaciones muy aceptables.
- Finalizar mis estudios de ingeniería mecánica y de esta forma poder continuar mi formación como ingeniero.
- Aprender proyectando y asimilar las limitaciones que tengo en las distintas áreas que han marcado o circunscrito este trabajo.
- Introducir a este campo una nueva versión, capaz de suplir las necesidades de usuarios de mascotas hiperactivas.

Este tipo de sistemas de sujeción se han basado durante muchos años en los mismos elementos de sujeción que utilizan los escaladores, sin demasiados añadidos, es por ello por lo que mediante este proyecto se tratará de modificar este modelo y dotarle de una concepción distinta.



## I.3 Objetivos

### I.3.1 Global

El objetivo fundamental de este proyecto es el de lograr un modelo funcional que sea capaz de cubrir las necesidades diarias de un usuario típico de este tipo de mosquetón. Desde la correcta unión de la correa con el arnés o collar, hasta la capacidad de soportar esfuerzos de tensión típicos de un animal de compañía, tal y como lo haría un mosquetón corriente. Se cuenta además con la resistencia y tenacidad suficientes para soportar los pequeños impactos que sufre un elemento de este tipo a lo largo de una jornada, como sería el caso de los golpes con el suelo o los mordiscos.

### I.3.2 Específicos

Este apartado contiene los objetivos específicos que se desea obtener de la realización de este trabajo.

#### *I.3.2.1 Tecnológico*

Generación de un modelo funcional capaz de realizar aperturas y cierres de forma óptima, con capacidad de resistir las fuerzas ejercidas por un animal de compañía en sus paseos diarios.

#### *I.3.2.2 Industriales o Económicos*

Para la consolidación de un prototipo o maqueta será necesario el uso de elementos constructivos tales como las impresoras 3D de tecnologías FDM/FFF, para lograr los acabados y formas buscadas, distintos softwares de diseño y estudio CAD tales como el SolidWorks, ANSYS para el diseño de las piezas y el estudio por elementos finitos de estas con sus materiales finales y de sus ensamblajes. Para la fabricación del elemento serán necesarias técnicas de conformado en metales y postprocesado. Utilizando estas técnicas se obtendrá el producto final.

#### *I.3.2.3 Sociales*

Con el fin de conseguir un sustituto para el mosquetón de mascota típico, se ha tratado de realizar un concepto más sencillo de enganchar habitualmente a la mascota, pensando en todas aquellas personas con movilidad reducida o dificultad para la realización de esta unión de la manera tradicional.

#### I.3.2.4 Medioambientales

Debido a la incipiente necesidad de cambio que sufre el mundo, en este proyecto se han tenido en cuenta las distintas implicaciones medioambientales que pueda generar esta alternativa durante la etapa de fabricación. Para lograr este fin, se ha tratado de utilizar procesos de elaboración que causasen el menor impacto sobre la huella de carbono, utilización de elementos reutilizables, gasto de agua y emisiones de químicos tóxicos.

Observando también la creciente necesidad actual, el encontrar materiales que sean capaces de ser reutilizados de una forma sencilla, que tengan una alta biodegradabilidad y que su maquinado no conlleve un gran impacto de la huella de carbono. Es clave en este proyecto, la utilización de elementos que cumplan con estas directrices en todo lo posible.

### I.4 Limitaciones

A lo largo del desarrollo de esta tesis se han encontrado distintos aspectos que marcan los límites a la idea que se está desarrollando en el mismo. A continuación, se presentan de forma ordenada las distintas limitaciones que contiene este proyecto.

#### I.4.1 Limitación de Prototipo

Debido al uso de las técnicas propias del prototipado rápido conocido como impresión 3D, para la generación del prototipo o maquetado de este mosquetón se encuentran limitaciones propias que impone esta técnica, las cuales afectan en los acabados y solicitudes máximas que se puede esperar de este diseño preliminar. Es por ello por lo que se optará por materiales más resistentes y otras técnicas distintas de manufactura en el proceso final, utilizando únicamente la técnica de impresión 3D para generar una maqueta.

#### I.4.2 Limitación de proceso de fabricación

La generación del prototipo debe de realizarse mediante procesos de manufactura convencionalmente utilizados en el prototipado industrial tales como la fabricación aditiva, para la conformación de las piezas finales; aplicando procesos de manufactura metalúrgica y elementos estándares para la unión de las distintas partes, como son las tornillerías, debido a los componentes estándar que la misma incorpora.

- La fabricación aditiva del modelo visual, en este caso se realizará mediante sistemas de impresión FDM/FFF, con sus respectivas tolerancias.
- La generación de las piezas reales partirá de la generación de moldes mediante los modelos impresos en 3d de las piezas.
- Las piezas metálicas extraídas de los moldes deberán de recibir un postprocesado para lograr las tolerancias y acabados que se buscan en su superficie.



#### I.4.3 Limitación de Peso

Debido a que el mosquetón ha de ser portado por el animal de compañía y por el encargado de pasearlo durante una media de dos horas diarias, el peso de esta se verá limitado a la capacidad que posea ese animal para portar el elemento pudiendo realizar los movimientos naturales de dicho espécimen, sin sufrir daños por parte de este sistema. En esta condición influirá de forma directa la densidad de los materiales, así como los acabados de estos.

#### I.4.4 Limitación de Volumen

El volumen de este elemento de unión estará condicionado primeramente por el tamaño del animal, ya que dependiendo del tamaño que tenga este, así como de la fuerza y peso del mismo, se verá afectado proporcionalmente el tamaño de este acoplamiento, siendo de mayor tamaño para los animales de mayor volumen y al contrario para los de menor. Seguidamente, el volumen definitivo irá ligado al material que se vaya a aplicar en su conformación, ya que dependiendo de las propiedades de este el volumen tendrá que ser mayor o menor para resistir las tensiones.

#### I.4.5 Limitaciones Tecnológicas

Debido a los componentes utilizados, así como a la naturaleza del mecanismo, el elemento se limita a la unión automática entre el elemento atado a la correa y el elemento unido al animal. Así se consigue su desunión de forma tradicional mediante acción del encargado del animal.

#### I.4.6 Limitación de materiales/diseño

El prototipo se ve limitado, en primer lugar, debido a su naturaleza, a procesos de fabricación aditiva, como es la impresión 3D, de manera que los acabados, calidades y formas, se verán claramente circunscritos a los de la máquina de impresión, en este caso con tecnologías de fabricación aditiva FDM/FFF. En segundo lugar, estará limitado por los metales seleccionados y la capacidad de conformación que estos posean, de manera que, los materiales seleccionados no deberán causar lesiones al animal, ni alergias. Y como tercera limitación, los materiales aplicados deberán de ser capaces de absorber y soportar los pequeños impactos que sufren los mosquetones para mascota, habitualmente, como puedan ser las caídas accidentales, por lo que las formas en las que será diseñado tratarán de superar estos obstáculos.

## I.5 Estudio de la competencia

En este apartado se tratará de exponer las distintas formas, así como los distintos modelos de mosquetón para mascota que existen en el mercado, mostrando sus ventajas y desventajas. De este modo, se pretende mostrar el nicho de mercado que existe de este tipo de elementos y así conseguir el tipo de enganche con el que esta tesis pretende competir.

### I.5.1 Empresas y modelos

Para este apartado se ha realizado una recopilación de los distintos fabricantes, así como los modelos de mosquetones que realizan, y en cada uno de ellos, exponer las ventajas y los inconvenientes de cada modelo.

- **Pet Hardware**

Se trata de una marca de mosquetones y diverso material tanto para mascota doméstica como para animales de granja. Sus diseños de mosquetones son diversos y contemplan la utilización de varios materiales: son el bronce, el latón, el aluminio o el acero aleado con Níquel. También disponen de distintos mecanismos de accionado como pueden ser el mosquetón de gatillo, de bombero o pinza.



*Figura 7. Mosquetón de gatillo, mosquetón de bombero (centro) y mosquetón de pinza (derecha). Imágenes de Pet Hardware.com.*

#### **Ventajas de este tipo de enganches**

- Amplia variedad de materiales.
- Distintos modelos con enganches de diversos tipos.
- Enganche robusto.
- Gran acabado superficial gracias al niquelado.

#### **Desventajas**

- Enganche manual tradicional.

- **SpeeDog**

Se trata de una marca, al igual que la anterior, especializada en mosquetones y demás accesorios, concretamente para paseo y adiestramiento canino. Dentro de su gama de productos se encuentra su mosquetón para mascotas, “BRONCE ITALY”. Este es el modelo de mosquetón más habitualmente encontrado en las tiendas especializadas en mascotas incluido cuando se adquiere un set de correa y arnés.



*Figura 8. Mosquetón SpeeDog. Perteneciente a SpeeDog.com*

**Ventajas de este modelo de mosquetón**

- Es el más extendido mundialmente.
- Bajo precio.
- Cierre seguro.
- Fácil de colocar.

**Desventajas**

- No es de enganche ni desenganche autónomo.
- Tiene un pequeño muelle interno que se oxida con facilidad.

- **Kimjee**

Se trata de una marca especializada en mosquetones para escalada que creó un destacamento para la generación de mosquetones robustos y de alta calidad para animales domésticos, más concretamente para los paseos de los perros. Dentro de su gama de productos destaca el mosquetón giratorio de aluminio, con el cual consigue una resistencia de 200kg de tensión con sus tan solo 13 gramos de peso.



*Figura 9. Mosquetón Kimjee para mascotas. Imagen de Kimjee.com*

### **Ventajas de este modelo**

- Muy reducido peso.
- Altas prestaciones.
- Alta durabilidad.

### **Desventajas de este modelo**

- Se debe de enganchar manualmente.

Tras este breve análisis de fabricantes y sus productos, se tiene una mejor visión de cuál es el nicho de mercado de estos productos, lo que actualmente se puede adquirir y cuales son la carencia de este, donde este proyecto puede aportar valor.

### **I.5.2 Zona de influencia**

Para la confección de este apartado se ha realizado una búsqueda de los distintos lugares en los que se pueden encontrar este tipo de uniones. Estos comercios serían:

- Clínicas Veterinarias.
- Tiendas de mascotas.
- Comercio online.
- Grandes almacenes.

Con el fin de delimitar una zona de influencia inicial para la realización de este trabajo, se ha tomado como zona modelo la Comunidad Valenciana.

En primer lugar, por la existencia de gran cantidad de comercios físicos en los que se pueden encontrar a la venta este tipo de productos y de profesionales del sector con amplia experiencia en el sector. Concretamente se encuentran situados en esta comunidad: 316 clínicas veterinarias y 50 marcas de comercios especializados en mascotas domésticas, contando minoristas y mayoristas.

En segundo lugar, debido al alto número de visitantes extranjeros que recibe la comunidad anualmente, sumados al número de mascotas de las que disponen estos ciudadanos. La cifra es de cada 5 personas 1 perro, lo que deja un total de más de 964.000 mascotas censadas. Gracias a ello se ha creado un amplio abanico de servicios para estos animales a lo largo y ancho de la comunidad, obteniendo un alto consumo de estos, especialmente acrecentado durante los meses vacacionales. Así pues, la zona de influencia inicial será la comunidad valenciana.

Gracias a estos datos, más el número de perros registrados en esta comunidad en el año 2021, se puede estimar un gran impacto en la venta de este producto dentro de esta zona de influencia.

### I.5.3 Cantidad de producto

Para la estimación del lote inicial del producto, se han tenido en cuenta los datos expuestos en el apartado anterior, de manera que para la generación de este elemento en masa se han de realizar 10.000 unidades para suplir la demanda inicial de este producto en vista de los posibles clientes. Este dato se utilizará en el apartado de fabricación para realizar la estimación de costes de la manufactura en serie de este artefacto.

### I.5.4 Cliente potencial

El cliente potencial de este producto es todo aquel con una mascota que tenga la necesidad de realizar paseos diarios y que deba de ir controlada por el dueño de forma directa mediante un elemento de unión intermedia como es una correa-collar o correa-arnés. Por lo tanto, el rango de edades de los clientes es muy amplio, siendo toda persona que tenga una mascota de paseo.

Los clientes empresariales de este producto serían todos aquellos comercios centrados en animales domésticos, así como los grandes almacenes que cuenten con una selección de productos para mascotas. Además, el producto ha de ser apto para acoplarse a los anillos de amarre ubicados en los elementos de sujeción del animal que se encuentran actualmente en el mercado.

## I.6 Software Utilizado

En este apartado, se encuentran los distintos softwares utilizados para la consecución de este trabajo, siendo estos divididos en categorías dependiendo de su utilidad.

### I.6.1 Modelado e impresión 3D

A continuación, se encuentran expuestos los distintos softwares que se han utilizado para el modelado y procesado de las distintas piezas que componen el conjunto mosquetón.

#### I.6.1.1 *SolidWorks*

Este programa de modelado tridimensional ha sido utilizado para la generación de los modelos preliminares del acoplamiento como de la versión final pieza a pieza. También mediante este software, se ha podido obtener una visualización preliminar del funcionamiento del mecanismo que contiene el mosquetón gracias a su función de ensamblaje.

#### *I.6.1.2 Cura (FFF)*

Se trata de un software de laminado de piezas tridimensionales, de la firma “*ULTIMAKER*”, para su posterior generación mediante técnicas de impresión 3D. Concretamente, se ha utilizado para convertir todas las piezas finales del mosquetón en código máquina, o Gcode, con el cual a continuación se insertó en la impresora que realizó esta misma figura mediante extrusión de filamento fundido.

#### *I.6.2 Estudio por elementos finitos*

En este apartado se encuentran los softwares utilizados en la simulación de los distintos elementos que componen al artefacto.

##### *I.6.2.1 ANSYS*

Este software consiste en un análisis detallado mediante la simplificación en forma de malla sobre la pieza, previamente modelada, con el cual se puede analizar el comportamiento de esta, o incluso del conjunto, a distintos esfuerzos, condiciones y solicitudes, obteniendo como resultado un análisis, detallado de cada una de las secciones que la componen.

#### *I.6.3 Elección de materiales*

A continuación, se encuentra el software utilizado para la selección de materiales para la conformación del elemento final.

##### *I.6.3.1 GRANTA CES EduPack*

Es el software utilizado para la selección de los materiales concretos, así como de los procesos de fabricación primarios y secundarios para la generación óptima de este proyecto. Este programa pertenece a GRANTA y se trata del software más extensamente conocido para la selección de materiales y procesos de fabricación.

## II. DESARROLLO DEL TRABAJO

### II.1 Sistemas/Subsistemas/Componentes

Para la numeración de este proyecto, se han utilizado los nombres propios de cada una de las piezas diseñadas, y para su mejor comprensión se han dispuesto imágenes de dichos elementos para de esta forma entender mejor el funcionamiento y la utilidad de cada una de estas piezas.

Para su correcta clasificación, los distintos conjuntos de elementos que componen el artefacto han sido colocados en subsistemas más amplios, en los que se puede ver una interacción lógica entre ellos.

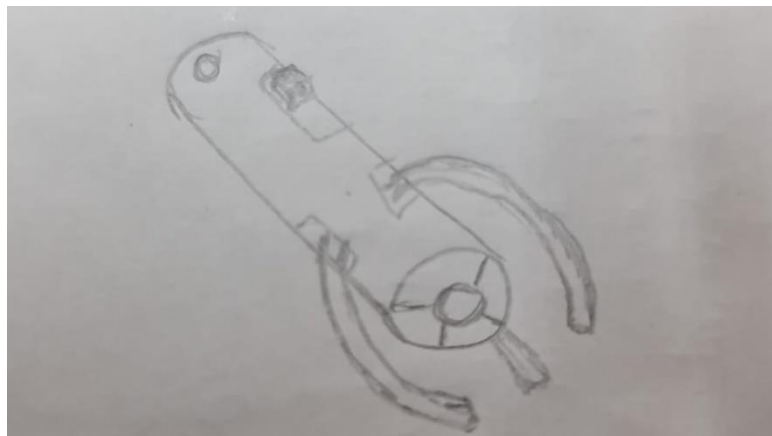
#### **Sistema de anclaje**

Este sistema o conjunto está compuesto por dos subsistemas concretos los cuales serían; el subsistema de anclaje activo y el subsistema de anclaje pasivo. A continuación, se realizará una breve descripción de los distintos componentes que se encuentran en ambos subsistemas.

#### **Subsistema de anclaje activo.**

Este elemento es el encargado de enlazar el conjunto 1 o subsistema de anclaje activo, el cual forma parte de la correa que sujeta el usuario, con el subsistema de anclaje pasivo, el cual se encontrará en el arnés o correa que posea el animal en cuestión.

Este subsistema contendrá todos los elementos necesarios para realizar el trabajo de unirse al elemento que incorpora el animal. Para que este elemento sea seguro, se ha optado por la utilización de un diseño circular sin aristas vivas que puedan dañar al usuario o al animal en el momento de su utilización.



*Figura 10. Bosquejo inicial del diseño.*

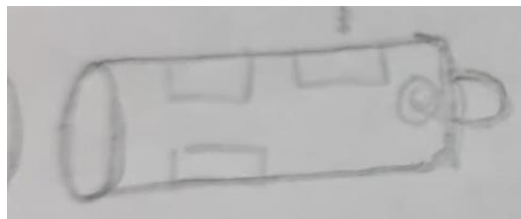
Con el propósito de alcanzar este diseño, se ha tratado de imitar tres elementos de agarre como lo son un mosquetón convencional, un sistema de pinza como el utilizado en una máquina recreativa y una unión imantada. De este modo, se logra un anclaje mecánico de 4 puntos, siendo el imán el primero en actuar otorgando la primera sujeción del sistema y la posibilidad de que las uniones laterales se disparen o liberen, abrazando así al segundo sistema.

Para que el sistema actúe de forma correcta y lógicamente, se ha tratado de simplificar su arquitectura a 5 piezas, las cuales se explican a continuación.

- **Carcasa.**

Este elemento es el encargado de dotar de forma y sujeción al subsistema de anclaje activo, ya que en su interior o unido a este, residirá el mecanismo de accionamiento encargado de realizar el trabajo.

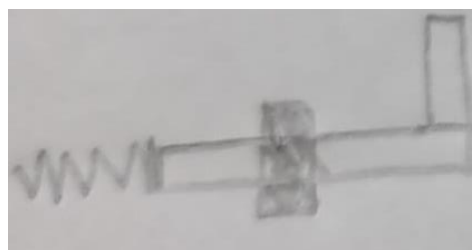
Como se ha adelantado en el apartado anterior, su forma será cilíndrica, y sin ninguna arista viva que pueda herir al animal o al usuario del conjunto.



*Figura 11. Bosquejo inicial de la pieza Carcasa.*

- **Árbol interior.**

Este elemento se encargará de transmitir el movimiento desde el gatillo superior hasta las garras, y también servirá de retención en las dos posiciones de reposo.

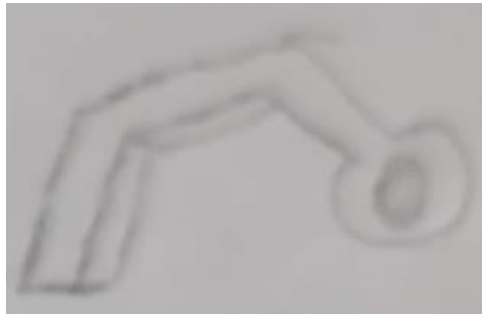


*Figura 12. Bosquejo de la pieza Árbol interior.*

- **Garra.**

Es el encargado de unir de manera completa a todo el conjunto mosquetón, para ello constará de 3 piezas idénticas que están distribuidas cada una a 120°, para así impedir la separación de ambos subsistemas en cualquier dirección.





*Figura 13. Bosquejo inicial de la pieza Garra.*

- **Parte inferior imantada.**

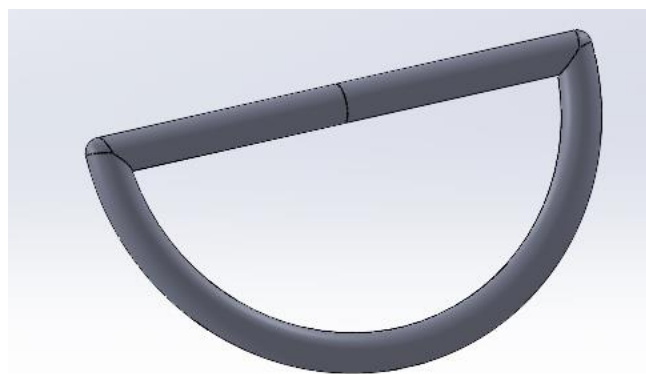
Como el nombre indica, esta pieza se encuentra unida a la parte inferior de la carcasa. Esta sección recibe el nombre de imantada debido a que consta de un pequeño imán, en su parte inferior, el cual le permite unirse rápidamente al subsistema que posee el animal abrochado a su arnés. Entre la carcasa y este elemento se encontrará el árbol de transmisión.



*Figura 14. Bosquejo inicial de la Pieza inferior imantada y su posición respecto a la Carcasa.*

- **Unión a correa.**

Para que este proyecto tenga viabilidad, debe ser capaz de acoplarse de manera satisfactoria a todo tipo de arneses y correas comerciales ya que poseen un elemento común en el cual van unidos los mosquetones. Se trata de una hebilla, que está fabricada con una varilla cilíndrica de 4 mm de diámetro. Este elemento poseerá las dimensiones idóneas para rodear esta hebilla y quedarse unida permanentemente a ella.



*Figura 15. Hebilla de arnés o collar de mascota comercial.*

### **Subsistema de anclaje pasivo.**

Esta sección del sistema será la que vaya acoplada al arnés o al collar de la mascota, de forma que, al precisar de su emparejamiento, esta ya esté dispuesta en uno de estos dos elementos de sujeción corporal que el animal portará sobre sí mismo antes de iniciar la unión de las dos mitades del conjunto mosquetón.

A continuación, se detalla concretamente las partes de las que constará este elemento de anclaje.

#### **- Acoplamiento inferior.**

El elemento en cuestión constaría de un imán para unirse al subsistema de anclaje activo. Para facilitar esta función y otorgarle a la unión un extra de resistencia frente a esfuerzos laterales, la sección sería cónica. Esta geometría ha sido seleccionada por su sencillez de forma y su conveniencia a la hora de portar un imán, ya que este tipo de cavidades es muy utilizado en las conexiones entre imanes en el sector de la telefonía inteligente, el modelismo y el de los ordenadores portátiles.

Este componente además contará con huecos posicionados a una distancia igual el uno del otro y compartirán el mismo largo, grosor y profundidad, estos serán los acoplamientos que albergarán las garras en posición de cierre. Para afianzar el cierre, estos orificios contarán en superficie con un pequeño imán que afianzará la unión de las garras alrededor de este acoplamiento.



*Figura 16. Bosquejo inicial del acoplamiento inferior con hebilla incorporada.*

#### **- Unión a arnés.**

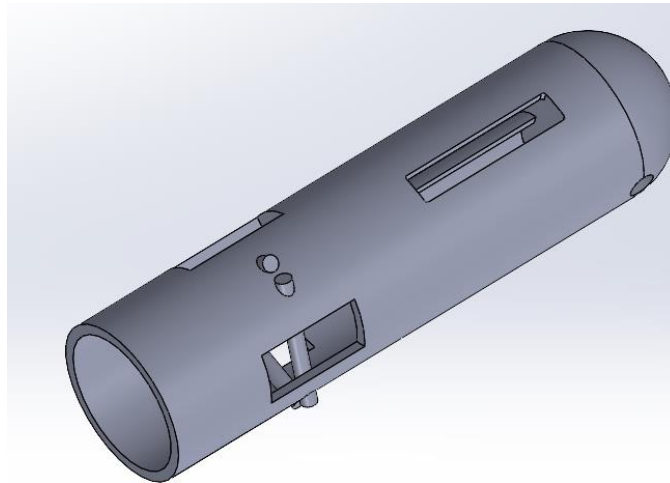
Esta sección compartirá forma con la unión a correa que se encuentra en el elemento superior. Esto es debido a que la hebilla encontrada en el arnés y la que contiene la correa son del mismo espesor y tamaño similares.

## II.2 Diseños preliminares

En este apartado se encuentran los distintos diseños previos de las piezas que componen al conjunto mosquetón, junto con la descripción del elemento en sí y la causa de su sustitución por otra solución de mayor viabilidad para el conformado definitivo del sistema.

### II.2.1 Diseño preliminar 1, Carcasa superior con ejes.

Este elemento de protección y apoyo de la sección superior del conjunto mosquetón, consistía en un cilindro con 3 agujeros a 120°, tal como se había indicado en el apartado anterior. La diferencia que se encontraba en él fue su disposición de los ejes que servirían para dar apoyo a las garras, así como de permitirles el movimiento en un único eje espacial. Debido a su forma y posición generaba tres errores en la pieza que impedían el correcto funcionamiento del conjunto:



*Figura 17. Imagen extraída del programa SolidWorks correspondiente a la carcasa preliminar.*

- En primer lugar, estos elementos debían ser de un diámetro concreto para poder encajar con las garras. Debido a la geometría de estas, no era posible que fuesen introducidas en este diseño.
- El segundo problema, se encontraba la geometría circular perfecta que este elemento debía de tener para poder dotar del giro sin fricción para los elementos de cierre o garras ya que no se podía obtener mediante ningún proceso primario de forma óptima y que, además, no se rompiese con facilidad.
- El último de los problemas ya no era funcional si no debido a la presencia de aristas vivas que sobresalían de la carcasa las cuales podrían dañar al usuario, así como a su mascota.

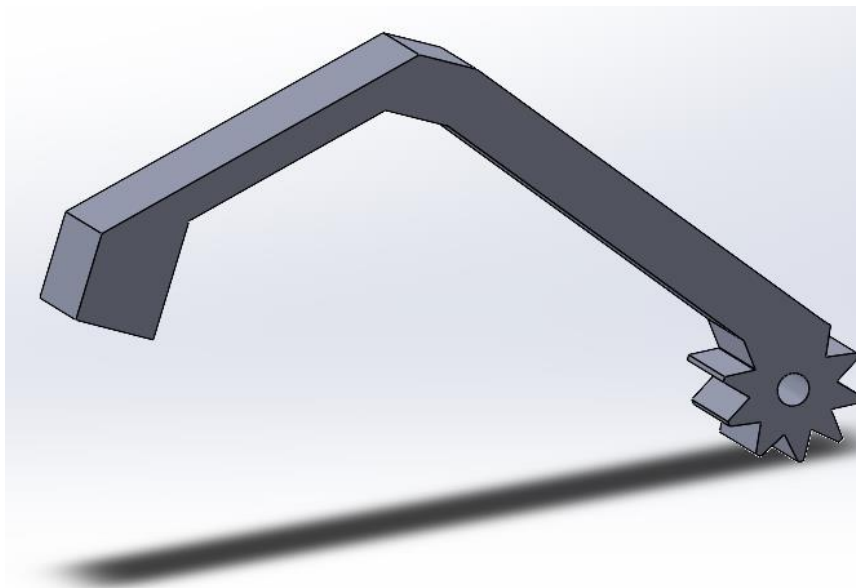
El segundo error fue el reducido espesor del elemento. Al principio de la fase de exportar los bosquejos al diseño preliminar, se tendió por la consolidación del conjunto sin estimar parámetros como el diámetro entre el exterior y el vaciado interno. La búsqueda de una ubicación óptima para cada elemento móvil dentro de la geometría predefinida antes de fijar parámetros constructivos generó una geometría quebradiza que comprendía una dificultad muy

elevada, incluso a la hora de generarla por la impresora 3D, que era la encargada de mostrar el elemento preliminar.

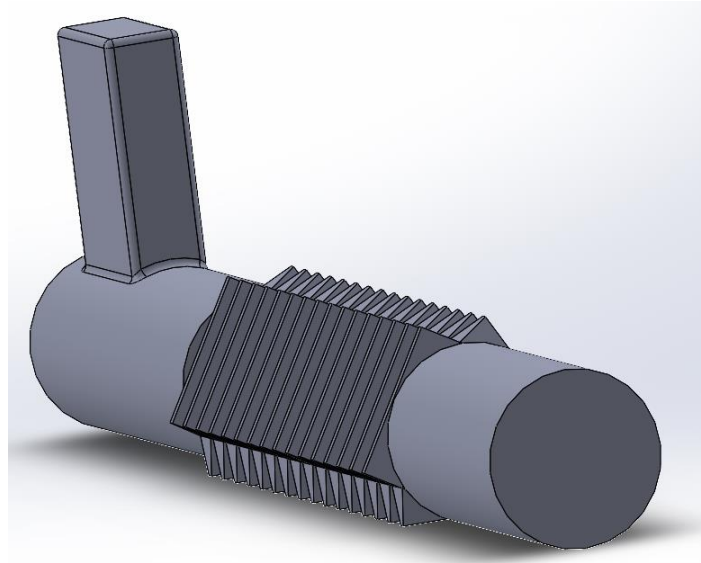
Debido a estos errores encontrados en la fase de diseño del prototipo, se desestimó esta forma para la carcasa final. Era necesario encontrar soluciones a estos problemas. Para esto se incorporó tornillería a modo de eje para las garras, y un aumento considerable del espesor de la carcasa mediante el que se consiguió una mayor resistencia y fiabilidad del elemento.

### II.2.2 Diseño preliminar 2, Garra con piñón y árbol dentado interno.

El segundo diseño desestimado fue el del mecanismo de accionamiento de las garras. Desde el inicio de la concepción de la idea del proyecto, se generó como solución inicial a la necesidad del cierre de las garras, un mecanismo de piñón cremallera, en el cual, las garras contendrían el piñón y el eje central actuaría como cremallera. De tal forma que, al moverse la cremallera, generaría una rotación en los piñones los cuales moverían hacia delante o hacia atrás las garras, abriendo y cerrando la sujeción mecánica del acoplamiento.



*Figura 18. Sistema de garra con piñón.*

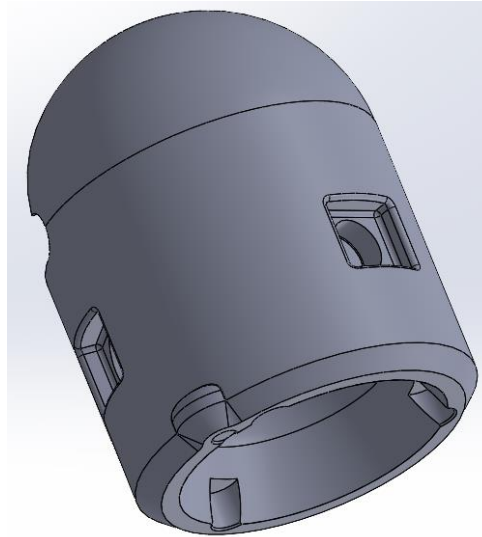


*Figura 19. Eje central dentado.*

Este mecanismo a pesar de ser muy sólido generaba dos piezas dentadas, una de ellas, el eje, con una complejidad de fabricación añadida debido a su muy reducido tamaño, así como posibles problemas a la hora del correcto contacto entre dientes y su resistencia ante impactos y tirones. Gracias a este inconveniente, se pudo encontrar como solución que el eje central no debía ser el que soportase las tensiones axiales de la pieza para que de este modo se pudiera alargar su vida útil. En su lugar, debían ser los ejes de las garras, así como sus asientos en el acoplamiento inferior, los que debían encargarse de estas tensiones en su lugar. Así se permite una mejor transmisión de la carga e impide que el mecanismo ceda y se abra de golpe liberando así al animal.

### II.2.3 Diseño preliminar 3, Sistema de anclaje pasivo.

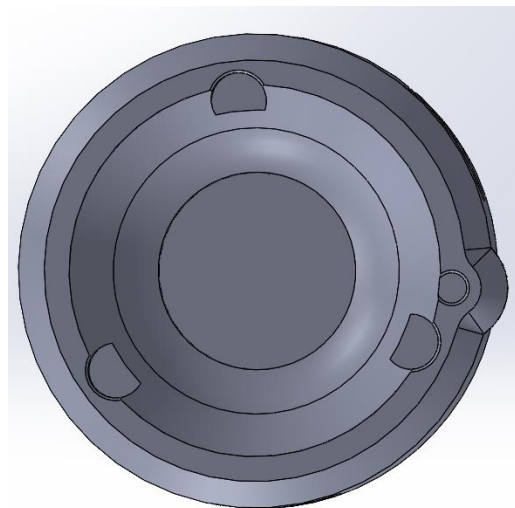
La sección sobre la que deben de cerrar los elementos de unión exterior o garras ha sido uno de los mayores problemas de este proyecto, ya que para su diseño ha sido preciso ubicar el lugar en el que estas iban a cerrar de forma completa. Una vez estimada esta posición se realizó un diseño inicial de como debían de ser esos huecos y a que altura de la pieza debían quedar para casar bien con la terminación de las garras.



*Figura 20. Vista isométrica del diseño de la sección inferior con los orificios para garras y el acople cónico.*

Tras varias pruebas mediante el software SolidWorks se desestimó el diseño preliminar ya que en 3 de cada 10 veces que el elemento inferior se unía al superior y estas se cerraban golpeaban con los cantos laterales de los huecos, produciendo con esto un error a la hora de generar el cierre buscado. Gracias a estos errores se llegó a la conclusión de cual debía ser la cavidad de unión que permitiese cerrar correctamente en todas las ocasiones.

En la sección inferior debía ubicarse la geometría cónica que albergaría parte del elemento superior mediante la conexión imantada. Esta se diseñó con el propósito de que las cabezas circulares de la tornillería utilizada tuvieran también cabida, y por ello los orificios tal como se aprecian en la figura que se expone a continuación.



*Figura 21. Captura en planta del diseño preliminar de la sección inferior.*

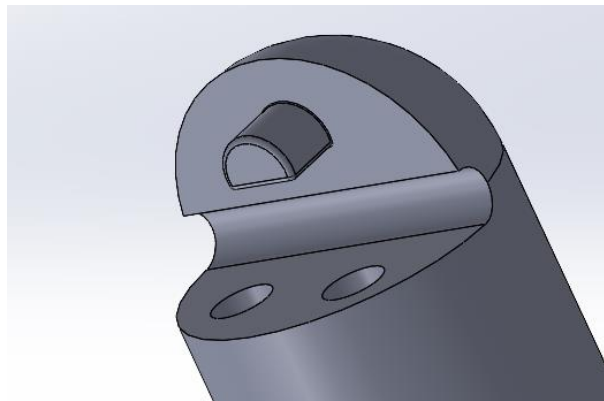
Debido a estos, la pieza superior tendría una única posición correcta de acoplado debido principalmente a la única ubicación existente para el palpador que libera el seguro y despliega las garras. Es el pequeño agujero que se ve en la imagen, a mano derecha, sobre el hueco para

la fijación del tornillo. Este fallo generó problemas de unión, ya que en muchas ocasiones el elemento se quedaba en una posición intermedia en la que los imanes se atraían, pero no llegaban a unirse, de manera que las garras no cerraban en la posición adecuada. Por estos fallos, se trató de unificar los tres agujeros en un solo orificio continuo, y eliminar el orificio para palpador.

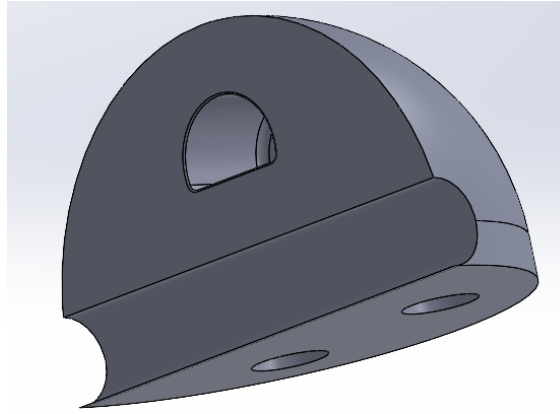
#### II.2.4 Diseño preliminar 4, Unión a correa.

Para el desarrollo de este diseño se tuvo en cuenta la necesidad de adaptación de este sistema mosquetón al actual mercado que existe en torno al paseo canino, ya que dentro del mismo se encuentran estandarizados tanto para arnés como para correa un tipo muy concreto de hebilla metálica que toma dos formas distintas circulares, una más pequeña para la terminación de la correa y otra con mayor diámetro para los collares u arneses. Por lo tanto, la solución debía poder ajustarse a estos dos elementos y ser fácil de acoplar a ellos mediante elementos que le fuesen fáciles de colocar por cualquier tipo de usuario.

Con la premisa de la sencillez de unión en mente se desarrolló un tipo de pieza que iría acoplada de forma magnética en la parte superior del mosquetón, así como en la inferior que va unida al arnés del animal. Así el cliente, podría ajustar el mosquetón al arnés y correa que utiliza habitualmente. Debido a la naturaleza de esta unión, se encontraron varias cuestiones que sería necesario pulir de cara a la versión definitiva del elemento:



*Figura 22. Vista isométrica del acoplamiento para correa en carcasa.*



*Figura 23. Vista isométrica del acoplamiento para correa con los huecos para imanes.*

- En primer lugar, se encontraba la fuerza de la unión magnética. Debido a la geometría de la pieza en cuestión, al realizar una unión magnética se comprometía la unión existente entre el mosquetón y la hebilla circular.
- En segundo lugar, para lograr una forma interna que otorgase las cavidades necesarias para los distintos imanes y que cumpliera con la premisa anterior, se generaba una pieza demasiado compleja y muy poco apta para la tarea a la que se le iba a someter.

Es por estos motivos por los cuales se realizará un rediseño de este elemento sustituyendo las uniones imantadas por otros elementos que le aportarán una mayor firmeza a la unión, así como mayor sensación de seguridad y robustez.

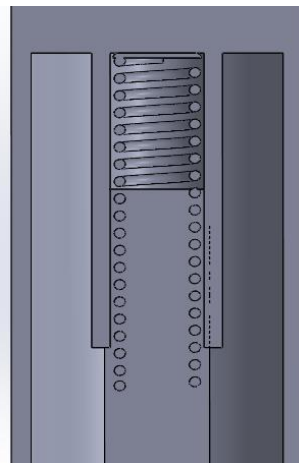
#### II.2.5 Diseño preliminar 5, Gatillo y accionamiento automático.

Esta idea de rediseño del mosquetón para mascota convencional traía consigo la iniciativa de generar un elemento cuya unión se pudiese realizar de forma autónoma por medio de la actuación de un mecanismo capaz de unir ambas secciones del artefacto y convertirlo en una sola y rígida conjunción. Para ello, se ha tratado de conseguir un mecanismo que se liberase mediante el posicionamiento de un muelle al final del árbol central, de manera que este sea el encargado de gestionar esa salida de las garras hacia su posición de asiento en la pieza inferior (Sistema de anclaje pasivo).





*Figura 24. Vista frontal del gatillo y la posición del muelle.*



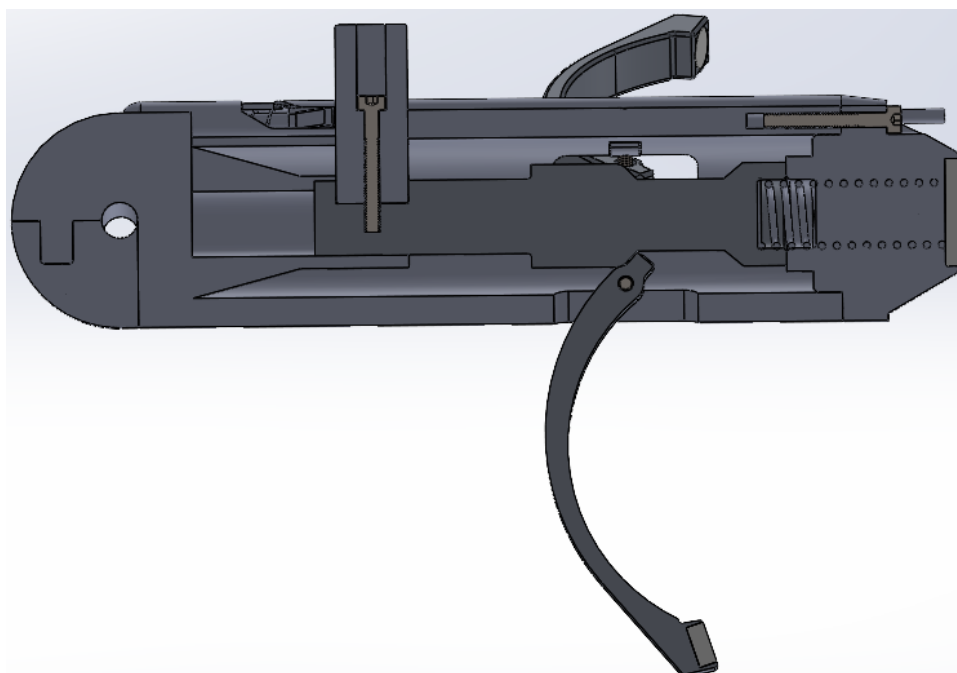
*Figura 25. Vista de sección con muelle exagerado.*

El muelle en cuestión realizaba correctamente la labor de mover el mecanismo que permitía a las garras avanzar hasta su posición final. El inconveniente se encontraba en la imposibilidad de poder retornar a la posición de origen. Esto es debido a que la acción de este muelle sobre el árbol era grande, ejerciendo mucha fuerza sobre este elemento e impidiéndole retornar a su posición inicial. Por ello, este diseño previo que aparece en la imagen se ha rediseñado para poder albergar un tope dinámico capaz de retener este gatillo en su posición inicial.

### II.3 Elección del diseño Final

En este apartado se abordará la explicación del diseño final escogido para el conjunto que constituye este trabajo. Este diseño ha sido pulido a partir de los bosquejos y los diseños preliminares expuestos en el apartado anterior. Todas las piezas que han llegado a esta fase final han logrado alcanzar las expectativas predefinidas de funcionalidad, imposibilidad de dañar de forma cortante al animal o al dueño, y por supuesto, son el diseño más optimizado de entre todas las iteraciones realizadas.

En primer lugar, para el subsistema superior que conformará el elemento que irá permanentemente unido a la correa del usuario, se realizó mediante una carcasa cilíndrica en la cual se asentaban todos los elementos necesarios para unirse al subsistema inferior que sería el conjunto localizado en el arnés o la correa del animal. Para ello se ha hecho uso de un sistema de transmisión mediante un árbol central que es capaz de colocar en dos posiciones a las Garras o elementos de unión, logrando con ello que en su posición relajada las garras se cierran alrededor del conjunto que porta la mascota, y cuando el árbol con gatillo es desplazado hasta su posición inferior, estas garras se replegarían liberando así al subconjunto inferior, en la siguiente figura se puede apreciar con claridad, mediante un corte transversal como sería el movimiento de este árbol central.



*Figura 26. Vista seccionada del conjunto mosquetón en posición de apertura de garras.*

En la siguiente imagen se muestra el acoplamiento del subsistema superior con el subsistema superior. En esta acción el elemento que mantiene al *Árbol central* en posición será retirado y este retrocederá liberando las garras que se cerrarán alrededor del subconjunto inferior, posicionándose así para el paseo del animal.

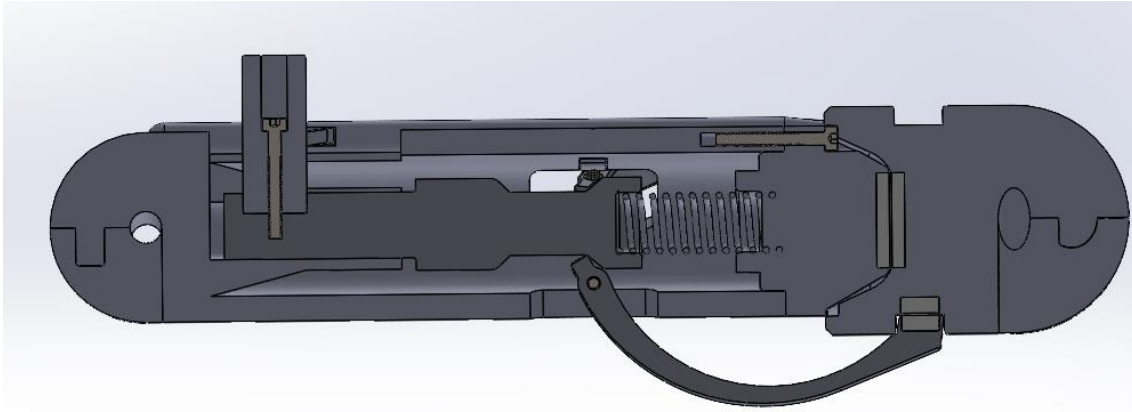


Figura 27. Vista seccionada del conjunto mosquetón en posición de cierre de garras sobre el subconjunto inferior.

## II.4 Selección del Material

Para la fabricación de este producto se ha realizado una estimación de materiales y procesos de fabricación óptimos mediante el software GRANTA CES EduPack. Utilizando dicho software, se han podido realizar comparaciones entre materiales y sus propiedades para seleccionar la aleación concreta, con su tratamiento adecuado para la generación de este conjunto. Para la estimación de costes y la obtención de un proceso de producción correcto, se ha tenido en cuenta el lote estimado en el apartado anterior *Cantidad de producto* de 10.000 unidades.

Como primer paso se comparó el límite elástico con el impacto sobre la huella de carbono en la producción primaria de todos los materiales.

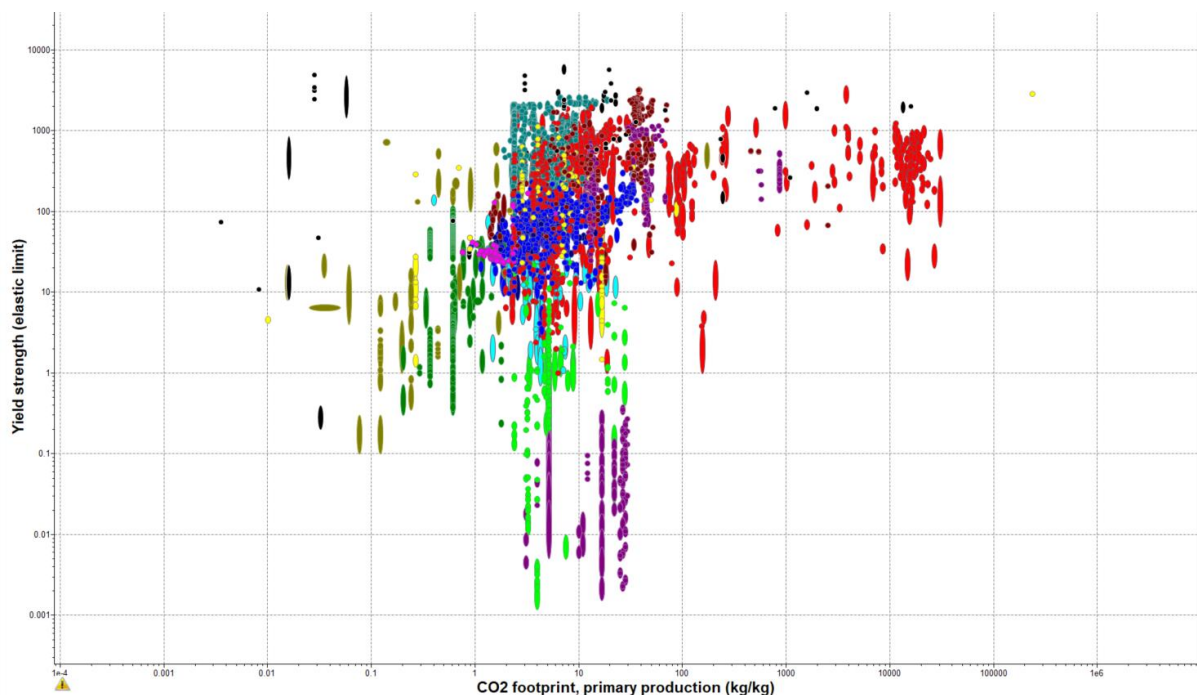
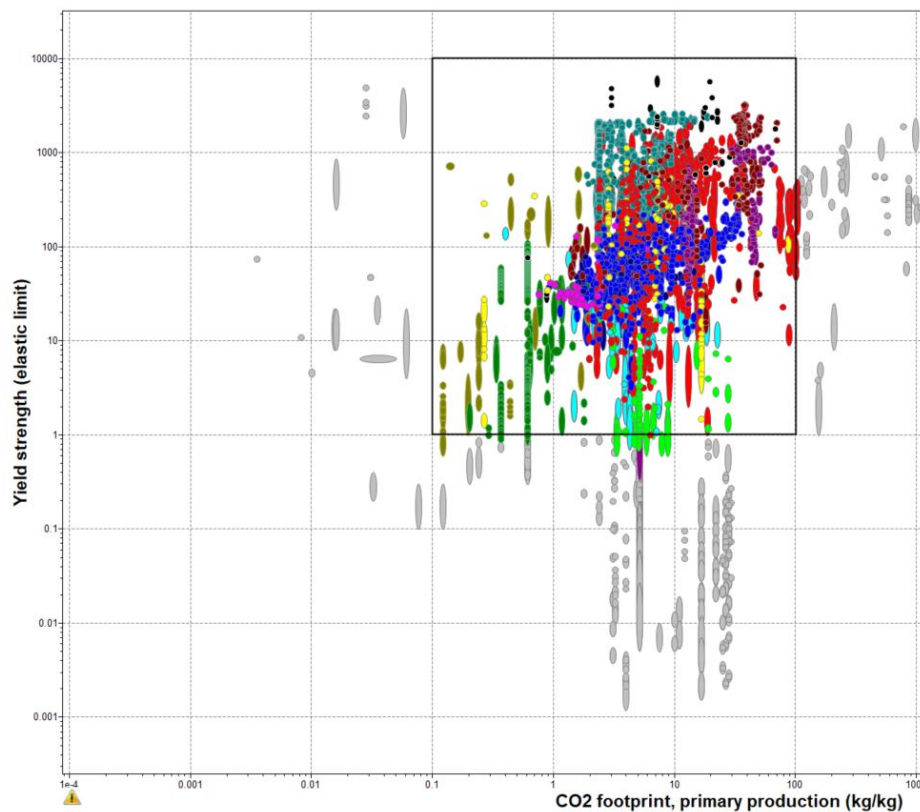


Gráfico 1. Comparativa del límite elástico frente al impacto sobre la huella de carbono.

Tras esta primera comparativa, se realizó un primer cribado de materiales, teniendo en cuenta a todos aquellos comprendidos entre 1 y 10000 Mpa de modulo elástico y entre 0.1 y 100 Kg/Kg de impacto sobre la huella de carbono, rebajando de este modo el número de materiales posibles.



*Gráfico 2. Cribado sobre la comparativa del límite elástico frente al impacto sobre la huella de carbono.*

A continuación, se realizó un segundo gráfico en el que se compararon la propiedad física de la densidad, ya que el reducir masa del conjunto es otro máximo de este trabajo, frente a la resistencia a impactos.

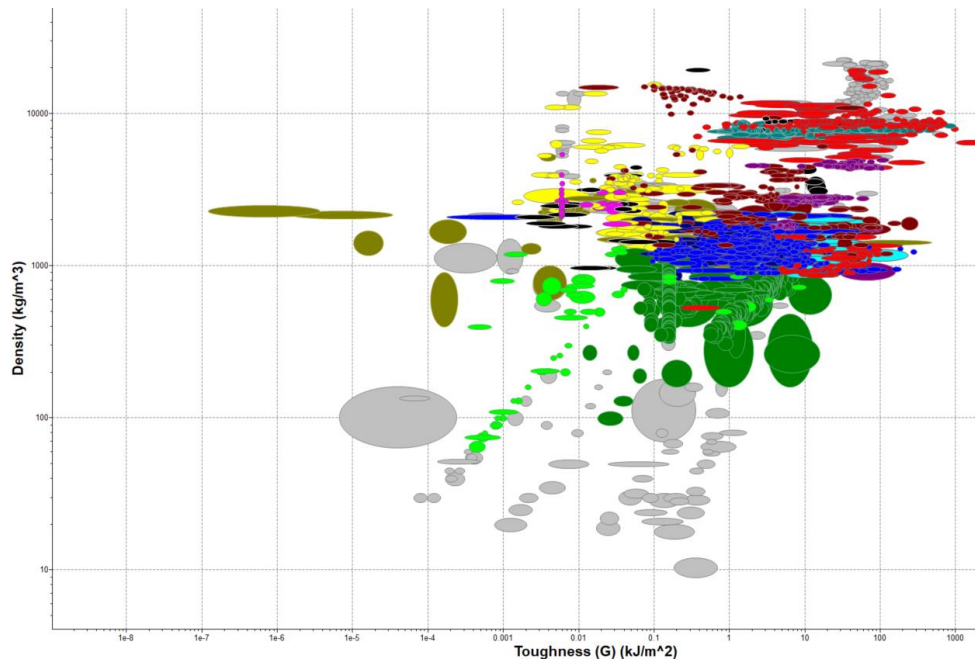


Gráfico 3. Comparativa entre densidad y dureza del material.

Este cribado fue útil para retirar del proceso de selección todos los materiales compuestos vegetales como papel, madera y corcho entre otros muchos.

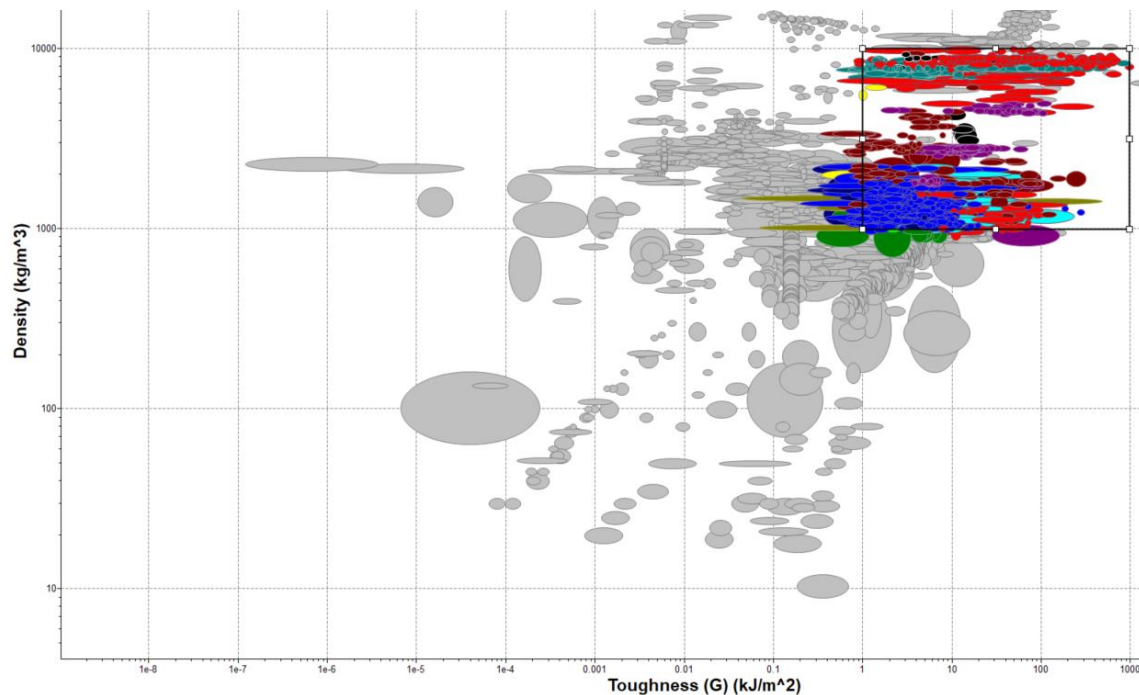


Gráfico 4. Comparativa cribada entre densidad y dureza del material.

Para la tercera etapa de la selección de materiales era preciso comparar los materiales por su coste, mediante el precio de lote, frente a agentes químicos orgánicos, ya que este mosquetón podría llegar a entrar en contacto con la saliva del animal.

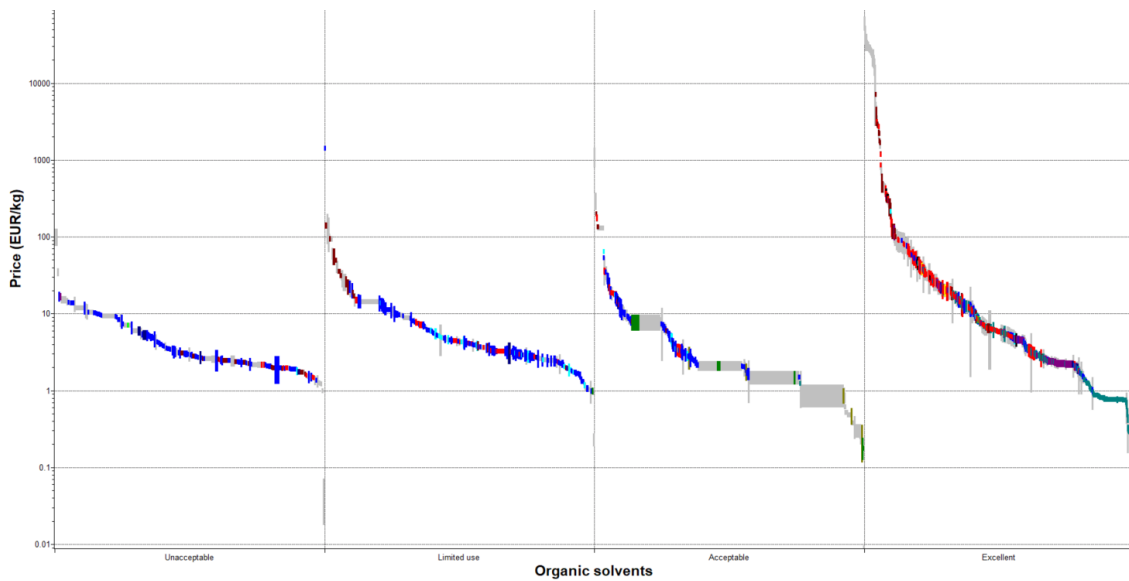


Gráfico 5. Disolventes orgánicos frente a precio.

Mediante el gráfico se pueden discretizar del resto a los materiales cuyo comportamiento antes disolventes orgánicos es excelente y, por lo tanto, resistirían fácilmente los fluidos del animal. En el caso del coste, también se eliminaron todos los materiales que superasen los 100 euros el kilogramo.

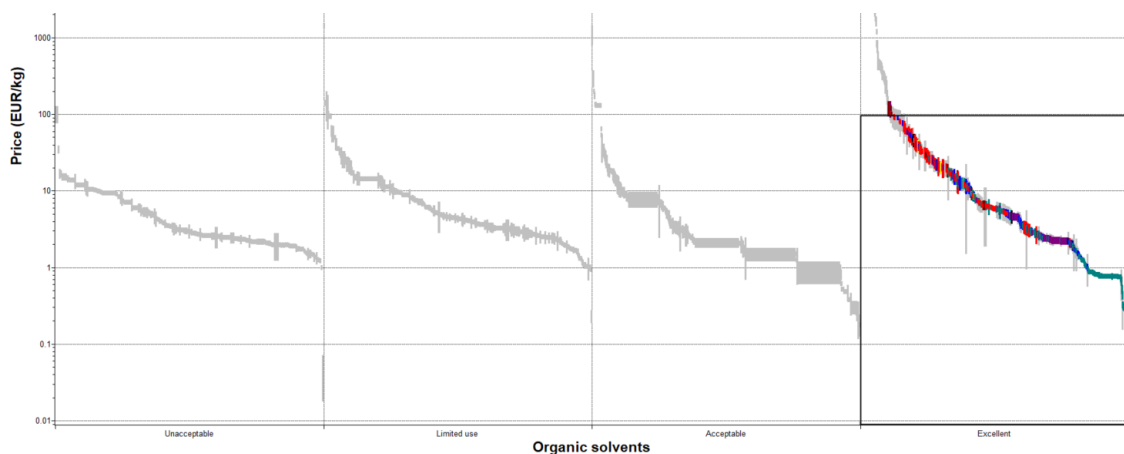


Gráfico 6. Limitación aplicada a disolventes orgánicos frente a precio.

Como cuarta operación, se realizó una comparación entre el precio de euro kilogramo, frente a la posibilidad de reciclar dicho material. Con ello se consiguió eliminar de la selección de materiales a todos aquellos que no cumplían la premisa de ser reciclables y o superaban un costo de 5 euros el kilogramo.

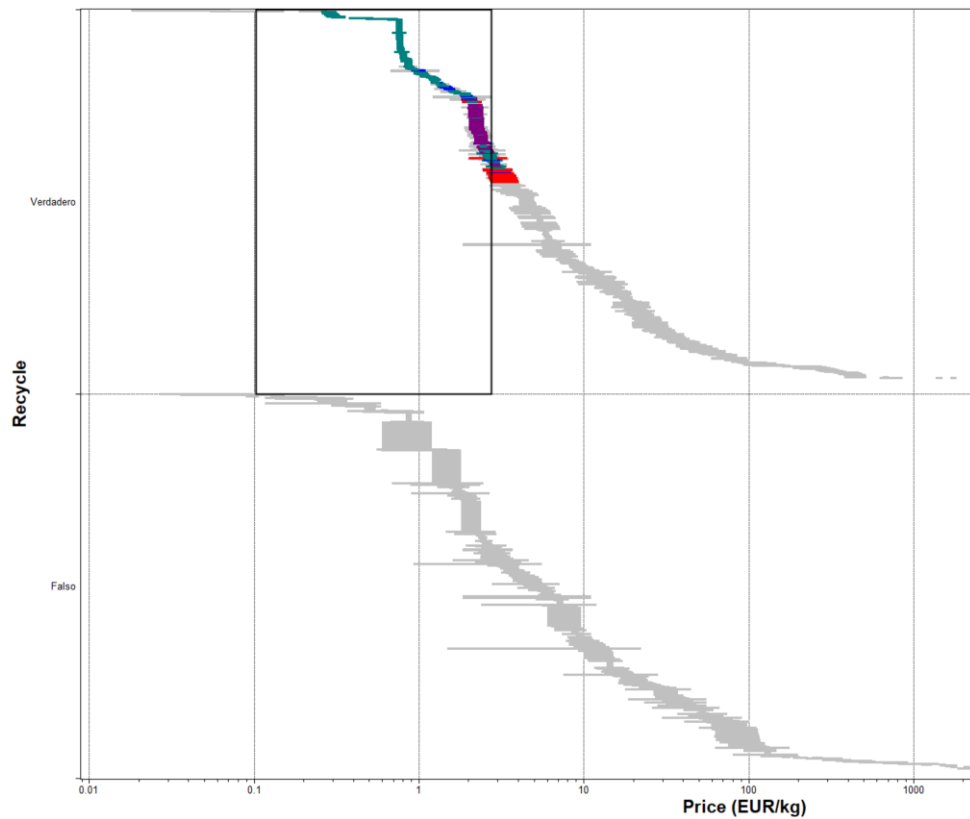


Gráfico 7. Coste en €/Kg frente a si es reciclable el material, con limitador.

A continuación, se procedió, como quinta iteración, a realizar una comparativa de densidad frente a la capacidad del material a ser fundido ya que para adoptar la forma requerida de cada pieza el material tendría que tomar la forma mediante procesos de moldeado por metal fundido. Con esta discretización, se eliminaron todos los materiales que dentro de un valor de densidad menor a 3000kg/m<sup>3</sup>, que no tuviesen una capacidad de fundición excelente.

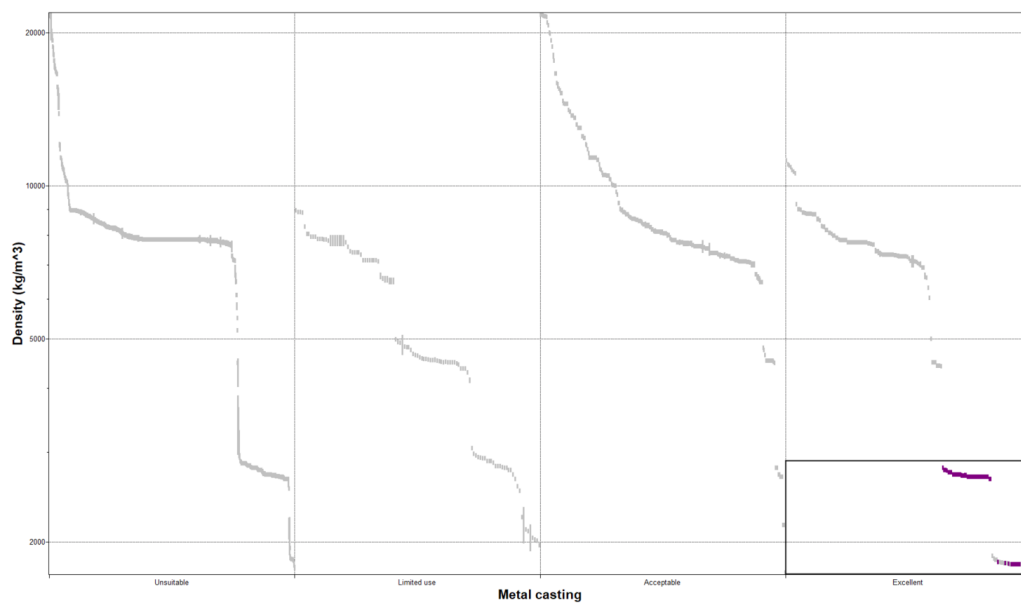


Gráfico 8. Fundición frente a Densidad (Kg/m<sup>3</sup>), con discretización en rectángulo.



Finalmente, con tan solo 48 materiales restantes, se trazó un gráfico en el que se comparaba el límite elástico del material con el precio de este, de este modo, el material final se seleccionaría en base a todos los criterios anteriormente utilizados para generar los gráficos y siempre en consonancia con el precio de este en vista al volumen del lote que se pretende fabricar.

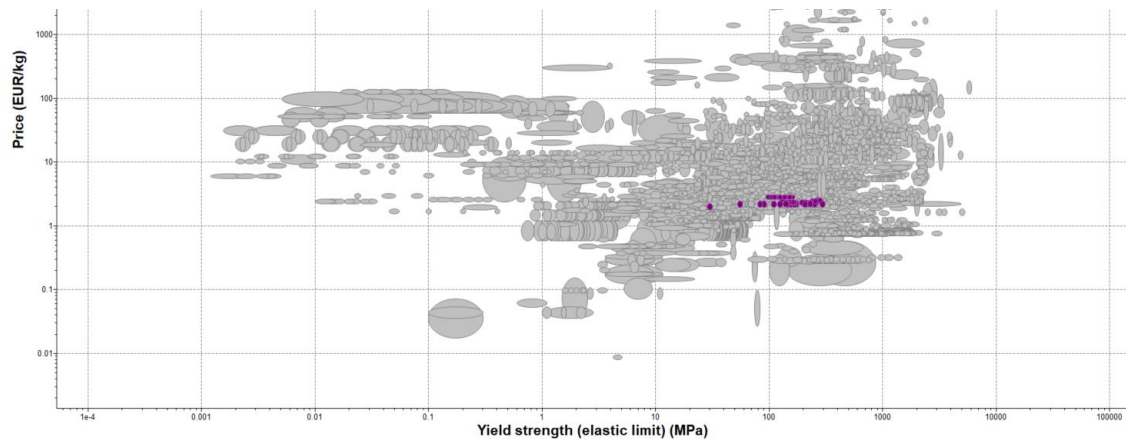


Gráfico 9. Comparativa de limite elástico frente a precio en €/Kg.

Mediante esta discretización final y a igualdad de precio, se obtiene que el material con mayor límite elástico es el Aluminio 357 T6, mediante este material y los parámetros proporcionados por este mismo software, se estudiará mediante elementos finitos las piezas del conjunto mosquetón como se podrá ver en el siguiente apartado de cálculos. Este material posee;

- Un módulo de Young de entre 70.6 y 73.4 Gpa.
- Una densidad de  $2.7 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ .
- Un límite elástico de 300 Mpa.
- Precio que oscila entre los 2- 2,45 €/kg.

A pesar de haber encontrado un material idóneo para la fabricación de este mosquetón, se incluye en esta memoria dos materiales alternativos que se quedaron en segunda y tercera posición en la discretización final, esto es debido a que en caso de que no existiese stock del material concreto se podría hacer uso de alguno de estos dos para poder llevar a cabo la producción de este artefacto. Los materiales sustitutorios serían los Aluminios A332 T6 y el D357 T6.

## II.5 Fabricación

En este apartado, se expondrá el proceso de fabricación seleccionado para la conjunción del proyecto, mediante los posibles procesos asociados al material que se obtuvo en el apartado anterior. Utilizando también el software de GRANTA y siguiendo la misma premisa de reducir el impacto ambiental e incrementar capacidad de reciclaje que en el apartado de selección del material.



Dentro del material seleccionado se encuentran los procesos por los que es posible tanto darle forma, como realizarle el acabado superficial. Mediante dicha información se va a seleccionar el proceso por el cual podrían fabricarse cada una de las distintas piezas.

A continuación, se encuentran los distintos procesos que admite este material:



Figura 28. Recopilación de los procesos admitidos por este material para su conformación.

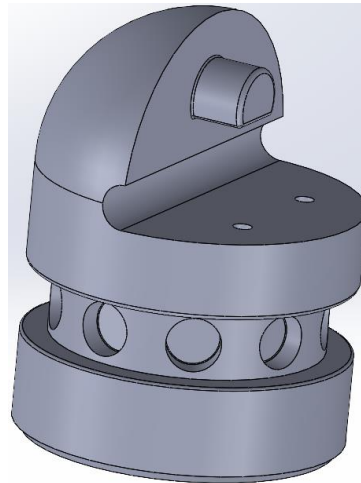
Las piezas *Pieza Inferior*, *Anclaje Pasivo*, *Unión a correa*, *Unión a arnés* y *Carcasa*, serán generadas mediante el proceso de moldeo a la cera perdida. Debido principalmente a la geometría que contienen estas piezas y el lote que se debía fabricar.

Para su elección, se seleccionaron tres procesos de fabricación factibles y se compararon con el elegido previamente para mostrar las ventajas de este proceso frente al resto de opciones posibles.

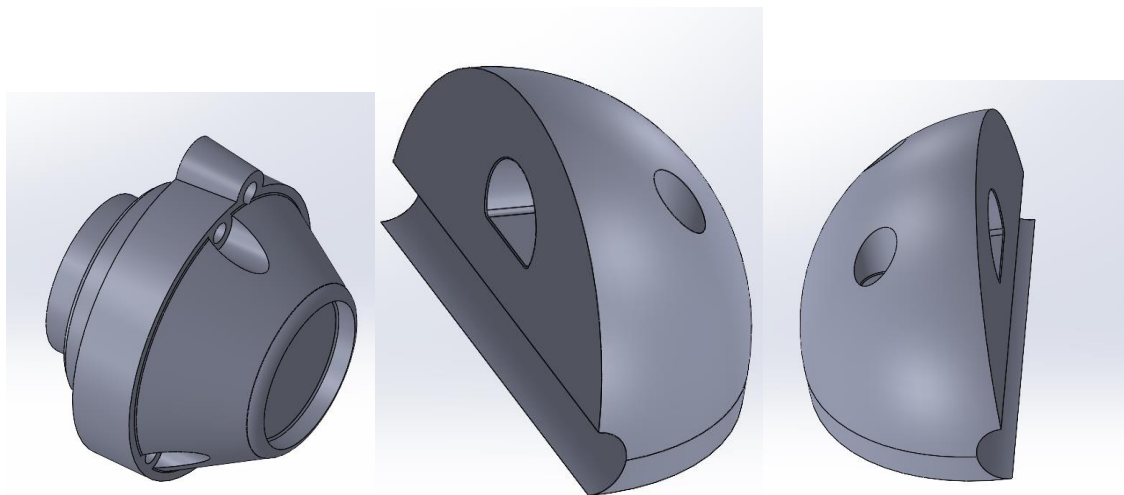
- El moldeo a la cera perdida poseía una clara desventaja frente al moldeo por inyección de metal fundido, ya que este poseía el mejor acabado de entre los tres procesos de producción seleccionados, así como el que mayor velocidad proporcionaba. Pero debido al tamaño de lote que debía realizarse, el moldeo por inyección suponía un coste demasiado elevado ya que requiere de la fabricación de un costoso molde para cada pieza, lo que se traducía en un incremento importante del precio final del producto, cuando el moldeo a la cera perdida suponía un coste bastante inferior debido a que los materiales para la fabricación del molde y los útiles a aplicar son más económicos.
- Poniendo en comparación al moldeo a la cera perdida frente al moldeo por arena, se encuentra una desventaja clara que es el precio de fabricación, ya que se trataba del proceso primario con el menor coste de las opciones seleccionadas. Pero debido de nuevo, al tamaño de lote y la gran cantidad de piezas que se debían realizar, se terminó descartando este proceso ya que se debía invertir una mayor cantidad de tiempo en conseguir una sola pieza, cuando con un solo vertido en el moldeo a la cera perdida se obtiene un mayor lote de piezas.

Además, el moldeado a la cera perdida es un proceso es idóneo para la realización de estas piezas, ya que se trata de un proceso económico y fácil de reutilizar gran parte del sedimento para la generación de más piezas. Este tipo de moldeo genera poco residuo no reutilizable, y al igual que sucedía con las anteriores piezas, la arena utilizada en el ciclo anterior se puede reutilizar para el ciclo siguiente.

Tras este proceso se les realizarían las perforaciones pertinentes, para el paso del tornillo y en la pieza *Anclaje Pasivo* y *Carcasa*, se le realizaría una segunda operación de roscado para poder apretar en ella la terminación del tornillo.



*Figura 29. Pieza Anclaje pasivo.*



*Figura 30. Piezas Unión inferior, Unión a arnés y unión a correa*



Figura 31. Carcasa.

Los elementos *Árbol con Gatillo*, *Árbol con seguro* y el *Embellecedor del gatillo*, fueron emparejados para ser realizados por el mismo proceso productivo ya que los tres comparten geometría cilíndrica. El proceso de conformación seleccionado para la elaboración de estos elementos fue el torneado CNC. A continuación, se exponen las razones de dicha elección.

- Mediante fresado se conseguía unos buenos acabados y era capaz de realizar las distintas cavidades que contienen las piezas *Árbol con Gatillo* y *Árbol con seguro*. Pero conllevaba dos inconvenientes importantes; la velocidad de procesado y la materia prima desperdiciada. Debido a que tenía que atravesar todo un bloque de material para lograr una pieza, el tiempo de proceso, así como el material desperdiciado por cada pieza hicieron descartar este proceso de conformado inicial, aunque si se aplicará, como proceso secundario, para la generación de cavidades una vez estas piezas hubiesen obtenido su forma inicial mediante el proceso de torneado CNC. Este proceso fue seleccionado como primario frente al fresado ya que resultaba en un menor desperdicio de material, pudiendo trabajar directamente con cilindros y no bloques del material en cuestión, logrando así una mayor velocidad de proceso y un menor desperdicio de material.
- La sinterización directa de metal fundido por láser constituye una opción interesante frente al torneado CNC, ya que mediante este proceso se consigue realizar de forma muy precisa cada una de las tres piezas que se pretendía conseguir, y además, es el proceso que permitía realizar más unidades por ciclo de trabajo de entre los seleccionados. Pero a su vez, es el proceso que mayor coste y tiempo por ciclo conllevaba, no solo por la utilización de una muy costosa tecnología y difícil de encontrar, si no también por el post procesado que debía realizarse para conseguir una superficie lisa en las piezas, ya que este proceso forma grumos y asperezas en la superficie de las piezas. Por estos argumentos, el proceso quedó desechado frente al torneado CNC.
- El torneado CNC, permite la generación a partir de una vara cilíndrica, de las distintas geometrías que cada pieza debe poseer. A su vez, este es el proceso más utilizado para la

fabricación de árboles y ejes en la industria metalúrgica. Pudiendo repetir la misma secuencia preprogramada para todas las piezas con desviaciones mínimas e incluso inexistentes. Y, además, a diferencia de los dos procesos anteriormente descritos, tiene la ventaja de no desperdiciar tanto material y de poseer un coste menor que estos.

Para las cavidades internas que las dos primeras piezas poseen, así como para las formas complejas y los taladros que se encuentran en ellas se realizará un segundo proceso de fresado para que puedan adaptarse a estas el gatillo para la primera y la cuña del seguro para la segunda.

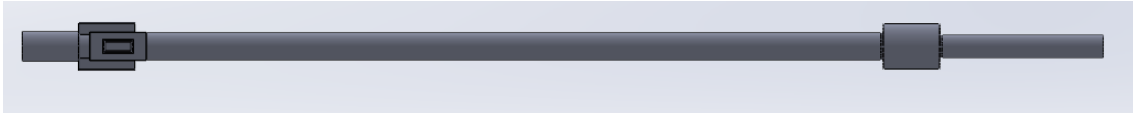


Figura 32. Árbol con Seguro.

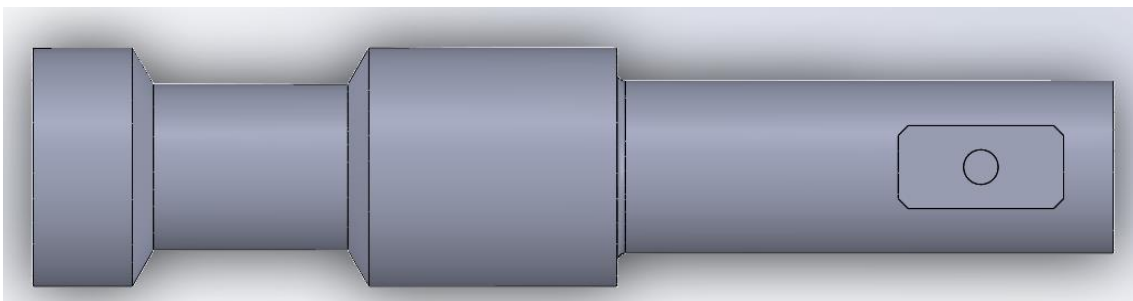


Figura 33. Árbol con Gatillo

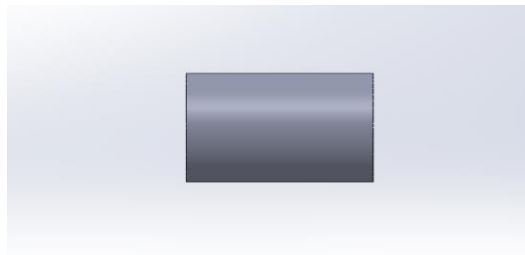


Figura 34. Embellecedor.

Las piezas; *Seguro*, *Gatillo* y *Garras* serán realizadas mediante el mismo proceso productivo debido a que son piezas de reducido espesor que pueden ser fabricadas a partir de planchas metálicas con el grosor de estas. Para su conformado se seleccionó el proceso de corte por láser.

- Este proceso de corte fue puesto en comparativa frente al de corte por chorro de agua. Se trata de un proceso que brindaba una perforación potente hasta los 300mm de espesor y además genera un corte frío que lo hace idóneo para ciertos materiales. Pero tiene ciertos inconvenientes a su vez, ya que genera un corte menos preciso que el que se encontraría con un oxicorte o mediante láser, además de este inconveniente, se encontraría el residuo,

en este caso abrasivo y lubricación, que se añade al agua para realizar los cortes, el cual la contamina de forma permanente. Por estos inconvenientes, el corte por chorro de agua fue descartado en favor al corte por láser.

- El troquelado, este método permite generar gran cantidad de piezas en un corto espacio de tiempo y de forma muy eficiente. El inconveniente principal es la gran cantidad de desperdicio que se genera de plancha metálica al realizar este proceso, sumando a la necesidad de generación de una matriz en negativo con la forma de las piezas que se desea troquelar. Teniendo esto en cuenta, mediante el proceso de corte por láser, se puede realizar un aprovechamiento muy superior de la plancha, generando menores pérdidas y logrando un mayor rendimiento de cada plancha. Es por este inconveniente por el cual quedó descartada la aplicación del troquelado.
- El corte por láser es finalmente el proceso seleccionado para esta labor, por su capacidad para aprovechar al máximo las planchas y realizar todos los contornos de forma precisa de todas las piezas. Además de esto, el procesado mediante corte por láser no produce ningún tipo de contaminación sobre el agua como si lo hacía el corte por chorro, de forma que esta técnica de procesado primario cumple con los objetivos específicos de cuidado del medio que se persiguen en este trabajo. Como desventaja a este proceso se encuentra que no proporciona una pieza totalmente acabada, ya que este corte genera aristas vivas que es necesario perfilar con un postprocesado. A pesar de este inconveniente, este es el proceso elegido para la conformación primaria de estas piezas.

Tras el corte por láser, a las piezas se las dotará de un postprocesado de perfilado que se precisa para redondear aristas, generar chaflanes, de forma que la pieza no pueda generar cortes al usuario.

- Perfilando mediante fresado la unión rectangular de la cuña que conforma el *Seguro*, generación de las cavidades destinadas a albergar los distintos imanes de las piezas *Garras* y la cavidad de la zona de contacto entre el *Árbol con seguro* y el *Seguro*.

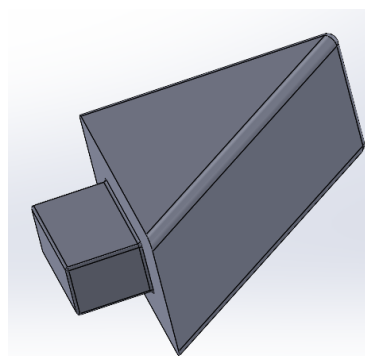


Figura 35. *Seguro*.

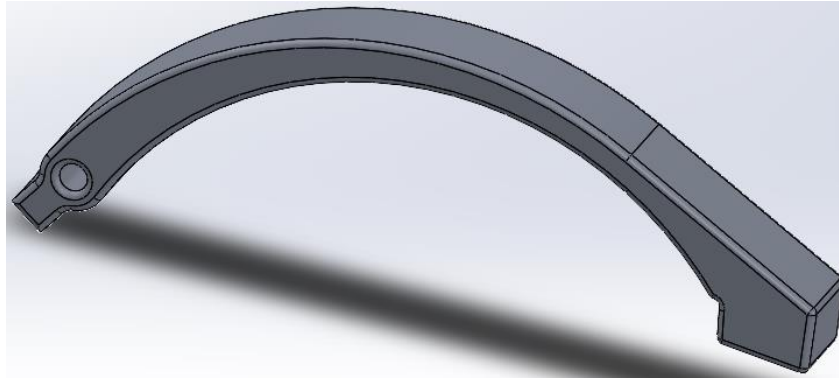


Figura 36. Garra.

- Finalmente, un taladrado central en el *Gatillo* para contener el tornillo M2x20mm.

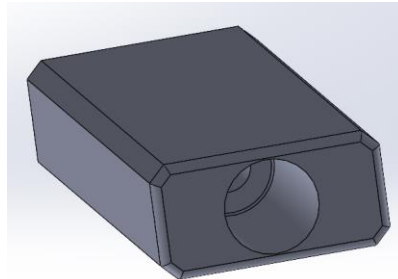


Figura 37. Gatillo.

Para lograr el acabado superficial deseado, todas las piezas serán sometidas a diversos procesos de pulido hasta conseguir un acabado liso tipo espejo (N3), sin asperezas, igual que el que se encontraría en cualquier mosquetón comercial como los expuestos en el apartado *Estudio de la Competencia*. Para las cavidades que no se encuentran en contacto directo con el usuario se aplicará un pulido inferior pero suficiente para permitir el movimiento de unas sobre otras sin generar demasiada fricción (N5) y para los taladros no se aplicarán postprocesado (N7).

Del mismo modo las piezas serán sometidas a un proceso de niquelado para conseguir impedir la entrada de corrosión y desgaste y mantener el aspecto brillante de la pieza durante mayor tiempo.

## II.6 Cálculos

En el siguiente apartado del trabajo se van a exponer los distintos cálculos realizados para la correcta ejecución del artefacto. Comenzando en primer lugar con el cálculo estático de fuerzas utilizado en la selección del tipo de imanes que se iban a aplicar en este proyecto y a continuación la selección de materiales para la elaboración de este, así como de su simulación

mediante elementos finitos para determinar en qué secciones se encuentran tensiones máximas, así como el coeficiente de seguridad del elemento consolidado con dicho material.

### II.6.1 Fuerza magnética

Para que las dos secciones que conforman el mosquetón fuesen capaces de unirse sin necesidad de la actuación directa del usuario sobre una de ellas, era preciso la aplicación de algún sistema capaz de unir dos elementos distanciados unos cuantos centímetros entre sí de forma autónoma, rápida y robusta. Con esta premisa en mente se consolida la idea de utilizar imanes de Neodimio para dicho trabajo.

Mediante estos elementos metálicos con propiedades magnéticas, se consiguen uniones con una robustez y solidez óptimas para este tipo de aplicación. Para determinar la fuerza de atracción que posee un imán se deben de tener en cuenta los parámetros de espesor, diámetro y Magnetización. Mediante dichos datos se obtiene un gráfico comparativo en el que se puede apreciar en el eje de las ordenadas la fuerza de atracción en kilogramos y en el eje de las abscisas la distancia en milímetros. Gracias a dichos datos se puede determinar la proximidad necesaria que precisa cada uno de los imanes seleccionados para unirse con su homólogo.

Para realizar esta operación, se ha hecho uso del procedimiento propio de la empresa suministradora de los imanes, el cual es una simplificación del procedimiento físico de atracción magnética conocido con el nombre de Teoría Simpson, para el cálculo de la fuerza de atracción de dos dipolos magnéticos dependiendo de la distancia a la que se encuentran, concretamente es una adaptación aplicada a los imanes de neodimio de uso comercial.

Para la selección de estos se debían de tener en cuenta 3 datos, el diámetro del disco, el espesor y la constante magnética. Este último valor es el que define la fuerza con la que dos imanes se atraen, estos valores aparecen siempre con una N delante y un número detrás que va desde el 30 hasta el 52, siendo el de menor valor el que menos fuerza de atracción ejerce. Para este proyecto concreto, no se precisaba una gran fuerza magnética, sino simplemente un valor óptimo que permitiera la unión de ambos imanes cuando se encontrasen a pocos centímetros de distancia.

Con estos parámetros en mente, se seleccionaron tres constantes; N33, N38, y N42 con el mismo diámetro y espesor y se realizó la comparativa de la fuerza que eran capaces de ejercer sobre su igual y a que distancia actuaba. Como se puede apreciar en las siguientes tres gráficas se han comparado los 3 imanes de diámetro 10mm y espesor de 2mm. Estos elementos de unión cumplen con la normativa europea de calidad para imanes ISO 9001:2015 y la normativa de inspección DIN 40 080.

El primero de los imanes en ser probado ha sido el N33, mostrando una fuerza de magnetización demasiado baja con respecto a la distancia a la cual se encontraba, alcanzando tan solo 10N de fuerza al estar ambos imanes en contacto. Por lo que este imán quedó descartado para aplicarlo en el proyecto.

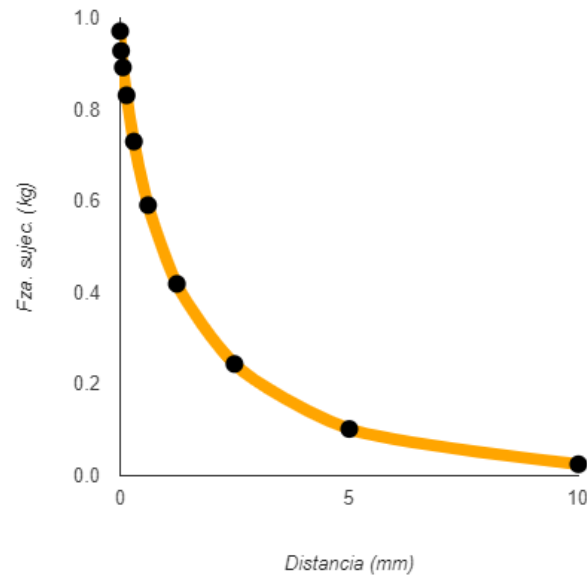


Gráfico 10. Imán con coeficiente N33. Gráfico proporcionado por fabricante SuperMagnet.

La siguiente gráfica pertenece al imán de contante N38, este imán realiza un notable mejor trabajo, con una fuerza de magnetización de 12N, este imán tiene un buen comportamiento y genera con ello una gran calidad para el precio que posee.

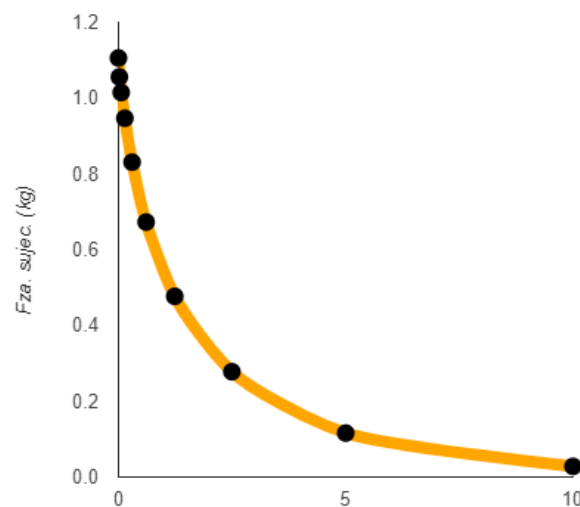
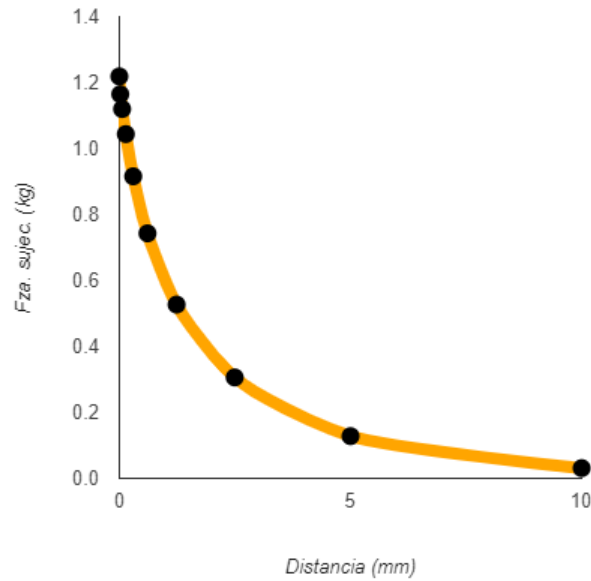


Gráfico 11. Imán con coeficiente N38. Gráfico proporcionado por fabricante SuperMagnet.

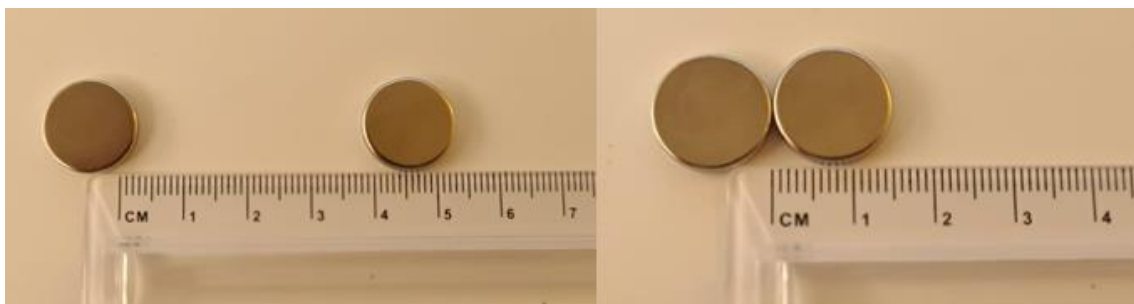
La última gráfica corresponde a la prueba del imán N42, siendo este el de mayor fuerza de la selección, con una fuerza de unión que llega hasta los 12.4N y un campo de atracción que empieza a los 0.012m teóricamente, el único inconveniente de este imán es su precio. Al poseer un mayor coeficiente de magnetización su precio se eleva de forma muy notable





*Gráfico 12. Imán con coeficiente N42. Gráfico proporcionado por fabricante SuperMagnete.*

Debido a la fuerza de magnetización necesaria para esta aplicación concreta y al precio que poseen estos imanes, el imán seleccionado ha sido el N38 por su muy buena relación, fuerza de imantación y precio, debido en parte a que es el más estandarizado en la industria de la electrónica por parte de los fabricantes de telefonía y ordenadores portátiles. Además, este imán ha sido puesto a prueba de manera práctica como se puede observar en la figura a continuación, donde este ha demostrado que es capaz de unirse a su igual a partir de una distancia de 0.04m, por lo tanto, es idóneo para este tipo de aplicación concreta.



*Figura 38. Validación práctica de la distancia de magnetización de ambos imanes.*

A continuación, se muestran los datos obtenidos mediante la simulación de ambos diámetros y espesores con la constante magnética N38.

Mediante los resultados obtenidos de las distintas iteraciones se obtienen las gráficas para el primer imán de diámetro 15mm y espesor de 2.5mm:

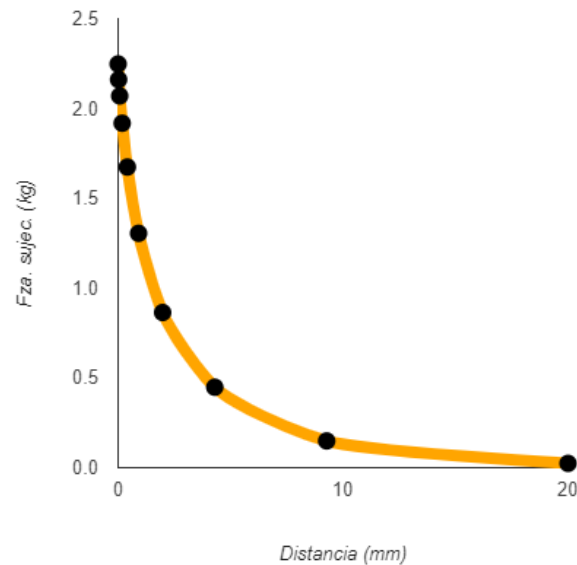


Gráfico 13. Relación entre distancia y Fuerza de atracción del Imán 1. Gráfico proporcionado por fabricante SuperMagnete.

Y a continuación se muestra el gráfico el segundo imán de diámetro 6mm y que comparte espesor con el primero:

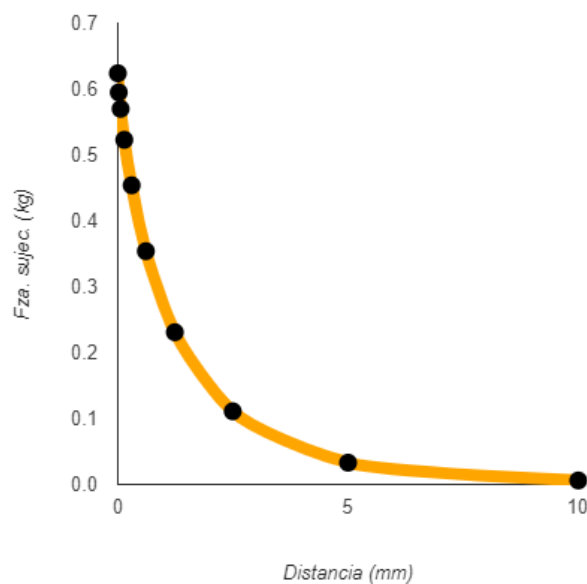


Gráfico 14. Relación entre distancia y Fuerza de atracción del Imán 2. Gráfico proporcionado por fabricante SuperMagnete.

Mediante estos gráficos se conoce la fuerza que ejercen los imanes debido a las características geométricas y a los valores de magnetización. Concluyendo en que el imán de mayor tamaño tiene mayor radio de magnetización frente al de menor tamaño, lo cual es idóneo ya que cumplen las premisas de unión estipuladas previamente para cada uno de ellos.

Pero gracias a las pruebas prácticas se ha llegado a hallar que la proximidad necesaria para que ambos imanes se atraigan es de 0.4m, lo cual es un valor óptimo para la aplicación que se le va a asignar, al primero de ellos como primera línea de unión y liberación de las *Garras* y al segundo la de asegurar estos mismos elementos en posición de cierre.

En este caso si se hubiese aplicado un imán con mayor componente de magnetización como un N42 o un N45, se hubiese logrado alcanzar una distancia de unión superior, pero el incremento de su coste también ascendería de manera más que notable, por lo que, realizando un balance de coste y prestaciones, la serie N38 fue la seleccionada para esta aplicación.

## II.6.2 Fuerza de los muelles

En este apartado se definirá el criterio de elección de los muelles utilizados en este sistema. Concretamente se realizará el cálculo para determinar que el muelle del *Árbol con Gatillo* (Muelle 1) es capaz de desplazar a las *Garras*, y que el resorte del *Árbol con Seguro* (Muelle 2) es capaz soportar la fuerza ejercida por el *Árbol con Gatillo* hasta que es liberado por la unión con el *Anclaje Pasivo*.

En primer lugar, la fuerza que tiene que ser capaz de desplazar el muelle situado en el asiento inferior del *Árbol con Gatillo* es; el peso del mismo árbol, y el peso de las 3 garras con sus respectivos imanes;

$$25,15g + (4,4g \times 2g) \times 3 = 51,55g = \underline{0.051,55 \text{ kg}}$$

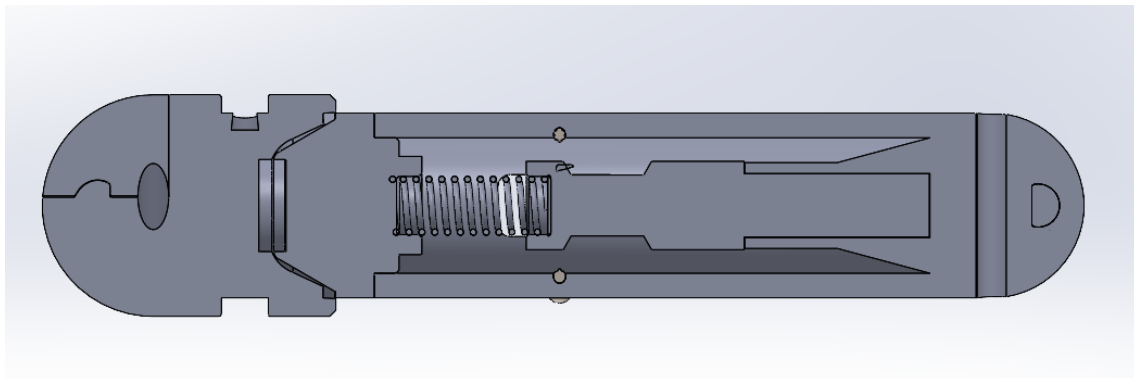


Figura 39. Vista de sección del ensamblaje en el que se aprecia la posición del Muelle 1 dentro del conjunto.

Estos datos de masa han sido extraídos mediante la opción de medición de volumen y masa que posee el programa SolidWorks una vez introducido en este la densidad del material concreto.

Con este dato en mente se seleccionó un muelle capaz de cumplir con esta solicitud. Para ello se hizo uso del seleccionador de muelles comerciales de dos fabricantes que realizaban pedidos a España como son Muellestock.com y Springmakers.net. Estas empresas cumplimentan la norma de calidad ISO 9001 y la DIN 2095-2097 para la fabricación de muelles de compresión.

Las páginas de los fabricantes solicitan datos para poder extraer que muelle es el idóneo para cada tipo de aplicación, y para ello se utilizan datos como son; la masa que va a soportar, el espacio necesario para el bulón interior, el diámetro máximo que puede ocupar el muelle en la cavidad y el largo máximo que puede tener. Una vez obtenidos dichos datos del modelo se realiza un sencillo cálculo para determinar la constante de elasticidad necesaria para este primer muelle:

$$K = \frac{F}{y}$$

- En la que F es la fuerza en Newtons aplicada sobre el muelle.
- E y es la deformación que se origina al aplicar dicha fuerza en mm.

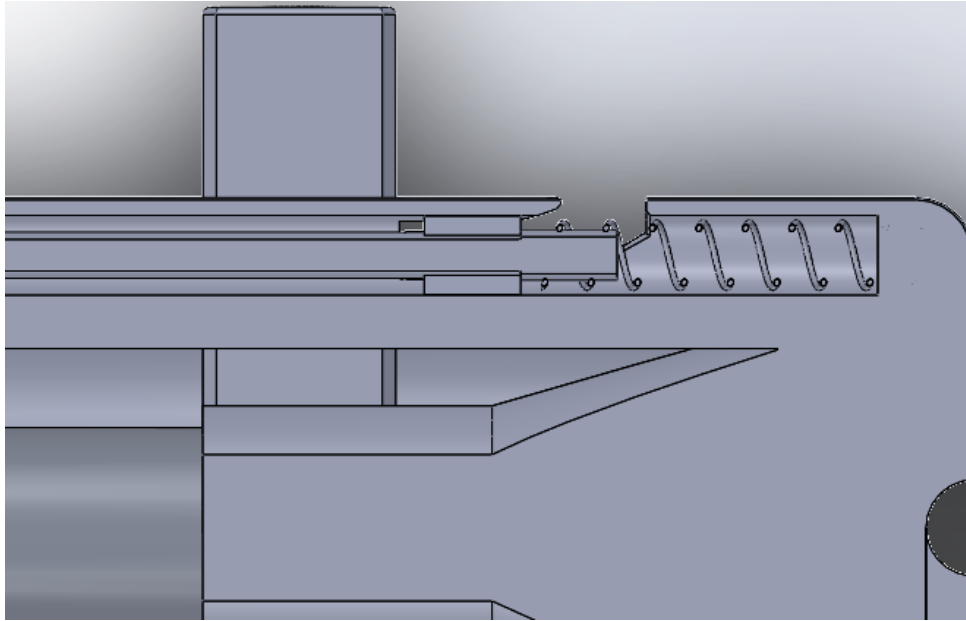
Para este caso concreto se conoce tanto la fuerza como la deformación máxima que puede tener el muelle ya que se tiene diseñada la cavidad. Por lo tanto, la constante será:

$$K = \frac{0.556\text{N}}{9\text{mm}} = 0.06177\text{N/mm}$$

Con este nuevo dato más los anteriores se puede seleccionar mediante los comercios web de los fabricantes el modelo de muelle que corresponde con todos ellos. Para esta aplicación, se ha seleccionado el muelle de [springmakers.net](http://springmakers.net), ya que ha sido el que más se ha aproximado a los valores precisados para esta aplicación, los cuales se exponen a continuación:

- 9.55 mm de diámetro exterior.
- 25mm de longitud libre.
- Con una constante  $K = 0.41 \text{ N/mm}$ ; este valor es el mínimo encontrado en los fabricantes anteriormente mencionados, por lo tanto, el segundo muelle se adaptará para soportar este valor de tensión sin despasarse.

El procedimiento para seleccionar el segundo muelle, que se encuentra realizando las funciones de asiento sobre la pieza *Árbol con Seguro*. Para la obtención de su constante de elasticidad se ha tenido en cuenta la constante de  $0.41\text{N/mm}$  del anterior muelle para seleccionar un resorte con una constante superior a este y con las dimensiones concretas de la cavidad que va a ocupar, pero ahora, teniendo en cuenta que tiene que ser capaz de contraerse al unirse el subsistema superior al inferior, ya que esta unión es la que desencadena la retirada del seguro.



*Figura 40. Emplazamiento del Muelle 2 junto con el Árbol con seguro.*

Para realizar esta operación y teniendo en cuenta la fuerza con la cual los imanes de 15mm de diámetro se atraen cuando están muy próximos es de 24N. Al impactar el subsistema inferior con el superior, el seguro debe liberarse, por lo que tan solo será necesario igualar la fuerza del Muelle 1 en dirección contraria anulando ambas fuerzas, de este modo se consigue determinar que con una  $K=0,41$ , un diámetro de 4.25mm y una longitud libre de 26mm que posee este Muelle 2, se consigue contrarrestar dicha fuerza, pero permite que sea replegado cuando se produzca la unión de ambos subsistemas.

### II.6.3 Simulación por elementos finitos

Con el fin de lograr que todos los elementos que componen el conjunto mosquetón sean capaces de soportar la solicitud a la que van a estar sometidos durante el tiempo que dure la utilización de este, se ha generado una simulación mediante el software de estudio por elemento finitos, con el cual se pueden estudiar todos los posibles errores que pueden ocasionarse en la pieza mediante la colocación de solicitudes en el sistema, así como consolidar cual sería el material que mayor coeficiente de seguridad otorga, siempre ciñéndose a que el peso debe de ser el mínimo posible y que el precio debe de ser comedido.

Para realizar dicho estudio, se han tenido en cuenta a priori, las tensiones que ejerce una mascota, en este caso un can, de peso aproximado 30kg. Tras hallar que no existían datos determinados para un peso de perro en concreto, se ha optado por hacer uso de los datos obtenidos durante el estudio realizado por la organización austriaca para el bienestar animal *Tierschutz-Kennzeichen*, en el cual se encuentran datos sobre las tensiones máximas soportadas por cada tipo de arnés de la marca Julius obtenidos mediante ensayos de tracción.



Figura 41. Logotipo de certificación por la organización Tierschutz-Kennzeichen.

Para esta prueba se utilizará el modelo, más normalizado, para paseos urbanos que porta un perro de 30Kg, conocido comercialmente como *Arnés Power IDC* de la marca *Julius K9*. Este elemento en conjunto con su hebilla fue capaz de soportar 1295 N de tensión antes de romperse las costuras de este. Para el ensayo, se utilizará este como valor de fuerza ejercida, ya que es el del caso más extremo de todos.



Figura 42. Imagen del Arnés Power IDC de Julius K9 para can de 30kg.

#### II.6.3.1 Selección de Materiales

En primer lugar, se deben estipular los materiales a utilizar durante el proceso de simulación. Para realizar esta tarea se han seleccionado los materiales; aleación de titanio, aleación de acero y aleación de aluminio. Todos ellos han sido escogidos de la biblioteca de materiales que contiene el programa ANSYS de forma nativa. En el apartado de fabricación se ha expuesto más profundamente el tipo concreto de material y aleación a utilizar para este propósito, pero en este caso para la realización de los cálculos de tensión es más que suficiente con los que contiene este software con la adición de los parámetros del aluminio seleccionado.

Mediante la opción de añadir material, se pueden encontrar y seleccionar los materiales a testear como se expone en la siguiente figura. Para el primer simulado del conjunto se seleccionaron tres materiales; acero, aleación de titanio y la aleación de aluminio, para de esta forma poder comprobar los distintos comportamientos entre estos materiales y seleccionar el que mejor se adaptase a las necesidades.

### II.6.3.2 Solicitudes y restricciones

Debido a las limitaciones de la licencia del software ANSYS en su versión para estudiantes, se ha optado por realizar el estudio del mosquetón a través del testeo de una división de sus secciones, eliminando todo elemento que no actuaba en la transmisión de tensiones y dividiendo en dos el conjunto mosquetón para poder realizar los cálculos. Para la correcta simulación de dichos conjuntos y evitar superar el número de elementos, se tomó como óptima una calidad de mallado de las piezas de en torno al 60%.

- El primero de los conjuntos de piezas testeado fue el *Subconjunto Inferior* y las *Garras*. Colocando la restricción de movilidad en estas tres últimas, en la zona en la que irían conectadas a la carcasa por medio de la tornillería. Y la solicitud de fuerza con valor de 1295 N situado en el asiento que ocuparía la hebilla entre la pieza *Anclaje Pasivo* y la *Unión a arnés* en la hebilla del arnés. Se pueden apreciar ambas condiciones representadas gráficamente en la figura a continuación.

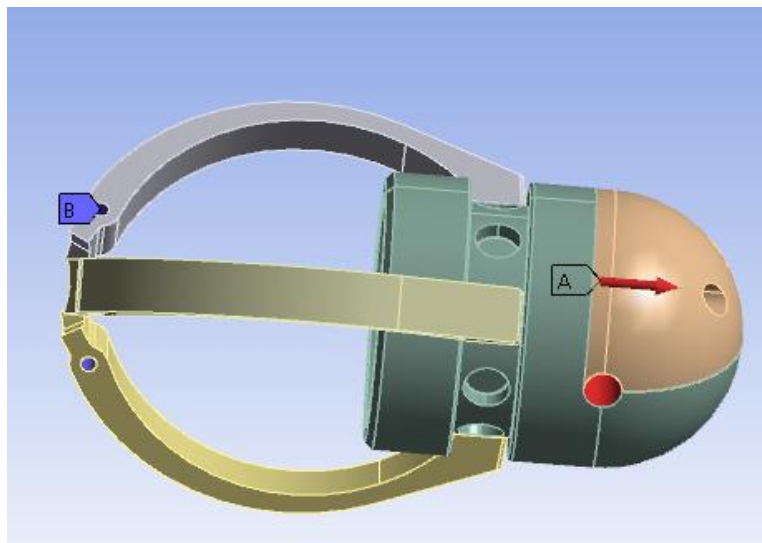


Figura 43. Representación ANSYS del primer conjunto de piezas, con la solicitud y las restricciones situadas.

- En el segundo de los conjuntos se ha testeado mediante la pieza *Carcasa*, los tres tornillos que enganchan las *Garras* y la pieza *Unión a correa*. Mediante la colocación de la restricción de movilidad en la cavidad que ocuparía la hebilla de la correa y la carga repartida de forma equitativa entre los tres tornillos que componen los ejes de las *Garras*.

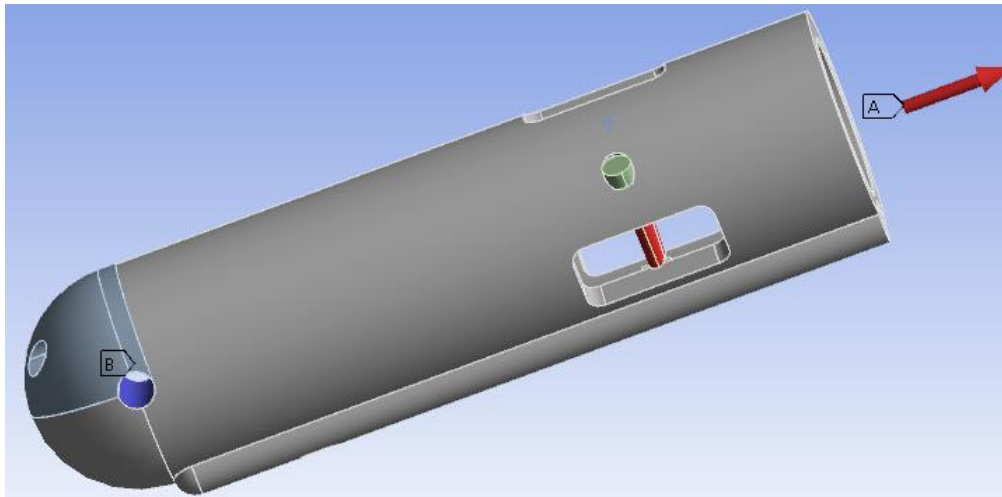


Gráfico 15. Representación ANSYS del segundo conjunto de piezas, con la solicitud y la restricción posicionada.

### II.6.3.3 Resultados

Los resultados que se buscaban para dar por válido el diseño y el material de esta simulación fueron la deformación máxima, las tensiones equivalentes máximas, así como el coeficiente de seguridad mínimo del conjunto estudiado. Mediante estos datos, se pudo afirmar que, si la pieza tenía la capacidad de aguantar la solicitud máxima a la que podría llegar a ser sometida, tendría sobradamente la capacidad de resistir la tensión que producen los paseos con la mascota.

Los resultados obtenidos para el primer conjunto simulado fueron los siguientes;

Una deformación máxima de **0.246mm**.

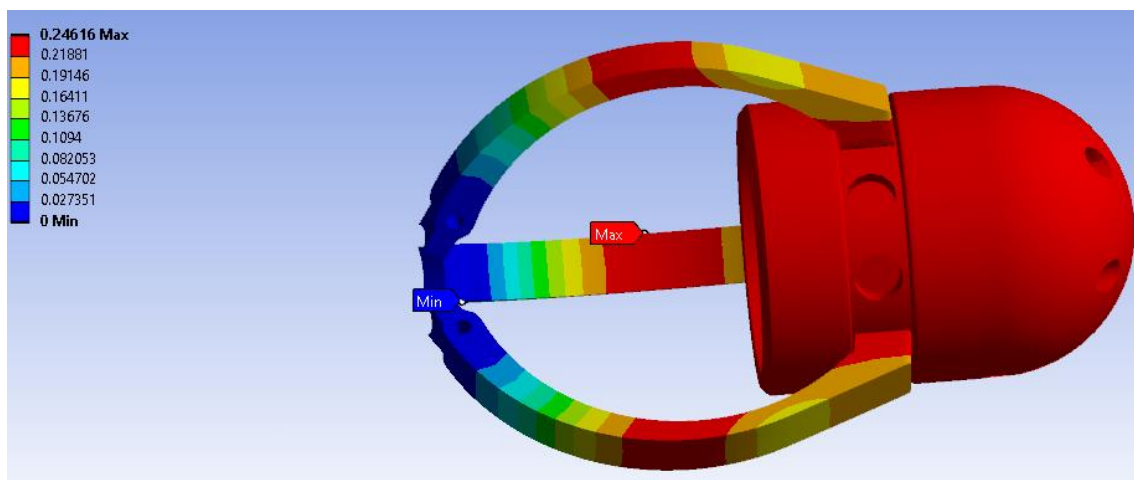


Figura 44. Simulación de deformación total del primer conjunto.

Una tensión equivalente máxima de **270.33Mpa**, la cual se encuentra en la zona de unión de la Garra con la pieza Anclaje Pasivo.



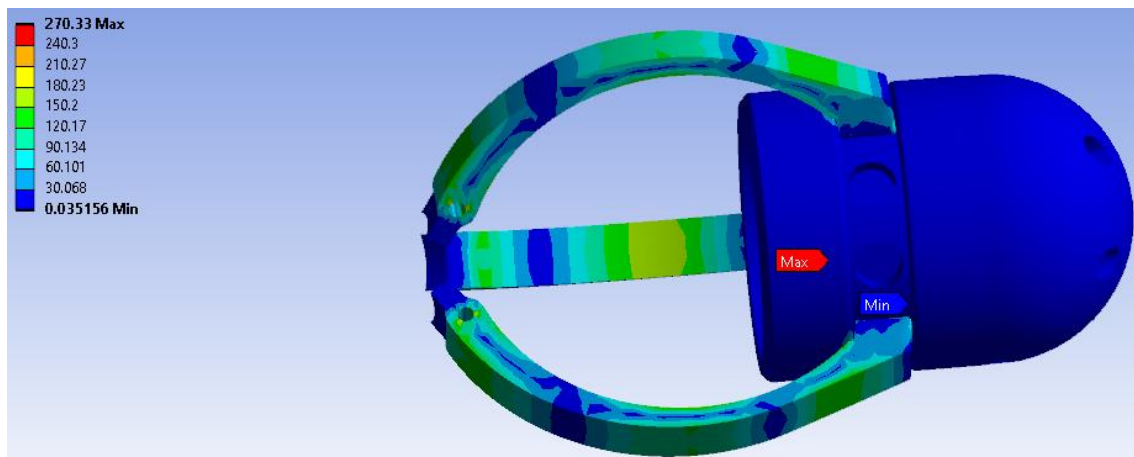


Figura 45. Simulación tensión equivalente del primer conjunto.

Un coeficiente de seguridad máximo de **15**, encontrado en distintas secciones de las piezas *Garras* y sobre todo en la pieza *Anclaje Pasivo*, y mínimo de **1.0358** situado en una esquina de las *Garras*.

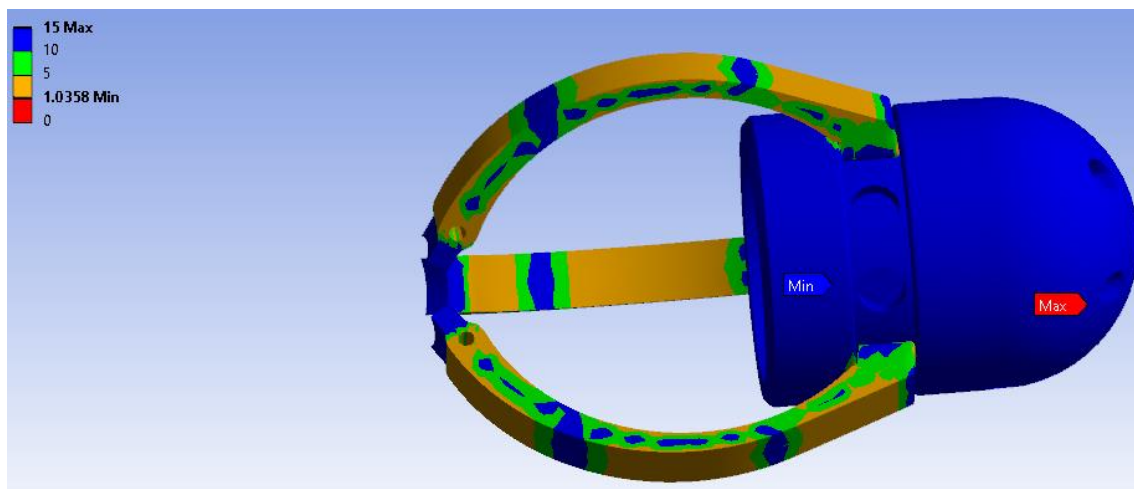


Figura 46. Simulación de coeficiente de seguridad del primer conjunto.

Para el segundo conjunto de piezas testeadas los resultados fueron:

Una deformación máxima de **0.0323mm**. Esta pequeñísima deformación se encuentra en los asientos de las *Garras* en el centro de los tornillos que les sirven de ejes.

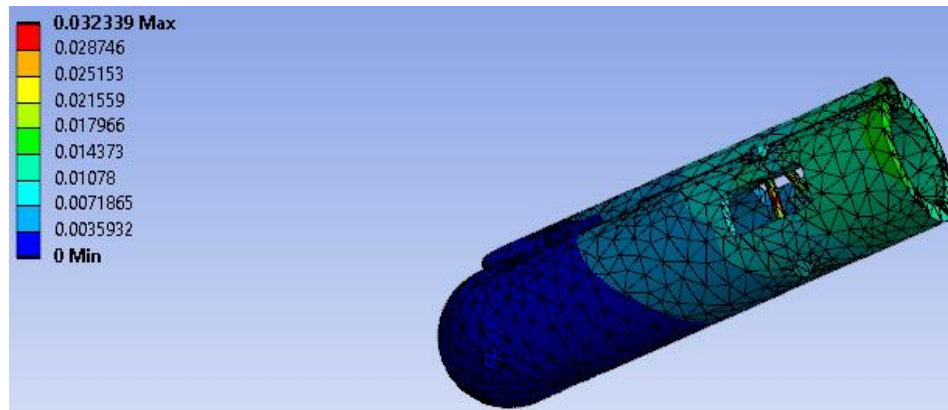


Figura 47. Simulación de deformación total del segundo conjunto.

Una tensión equivalente máxima de **171.75Mpa**.

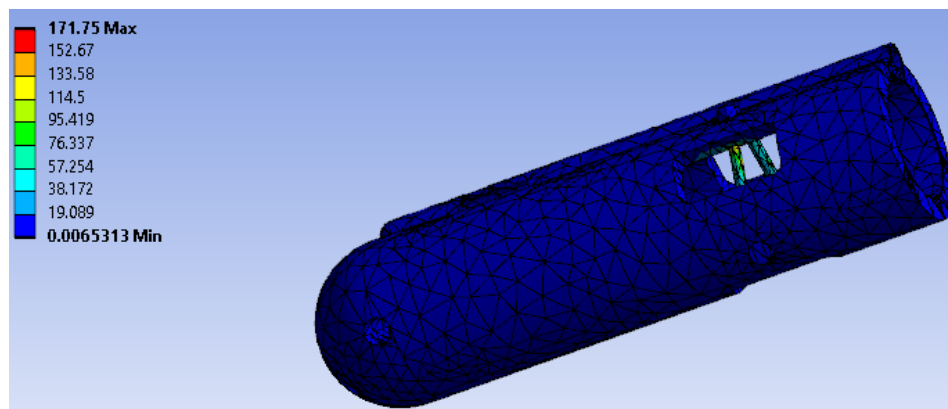


Figura 48. Simulación tensión equivalente del segundo conjunto.

Un coeficiente de seguridad máximo de **15** y mínimo de **1.6303**.

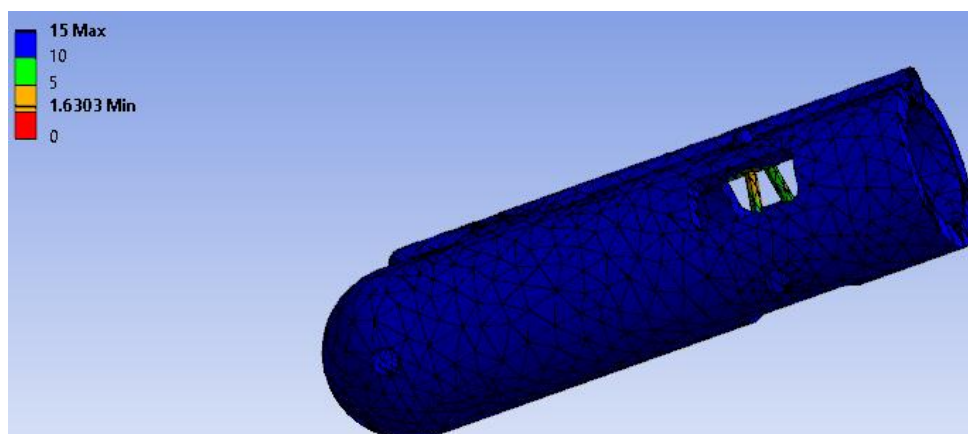


Figura 49. Simulación de coeficiente de seguridad del segundo conjunto.

Como conclusión a los resultados obtenidos se puede afirmar que todas las piezas que soportan tensión cumplen con la aleación de aluminio que ha sido seleccionada en el apartado de Fabricación y, por lo tanto, el mosquetón sería apto para la función para la que ha sido diseñado.

### III. RESULTADOS

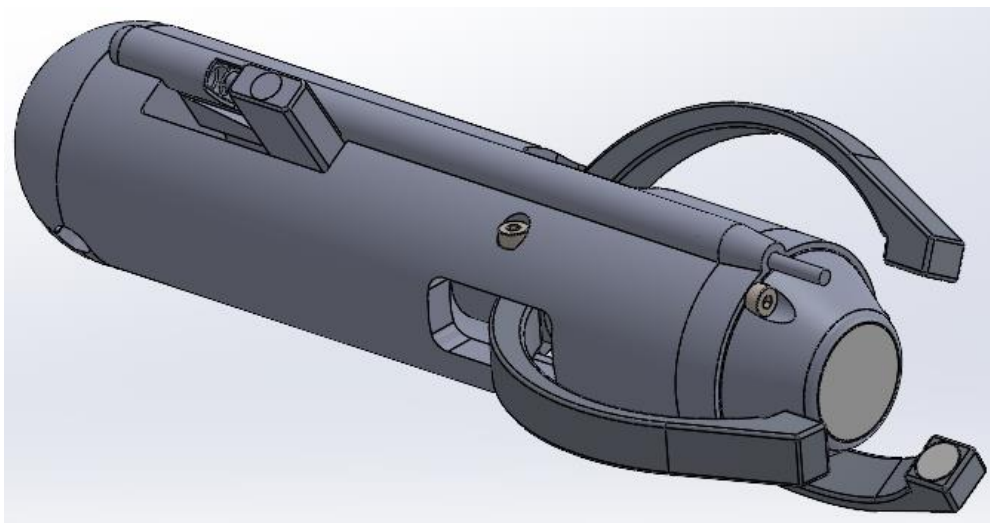
En este apartado se encuentra expuesta la recopilación de todos los resultados y conclusiones obtenidas tras la realización de este proyecto. Consecuencias medioambientales de la fabricación de este mosquetón, el precio de cada uno de los elementos necesarios para su generación, y finalmente un apartado en el que se resume todo lo expuesto a lo largo de de este trabajo.

#### III.1 Solución Final

En esta sección se hallan todas las piezas que han compuesto la solución final a este proyecto, siendo estas capaces de soportar las tensiones requeridas, así como las premisas que este proyecto requería.

##### III.1.1 Subsistema superior

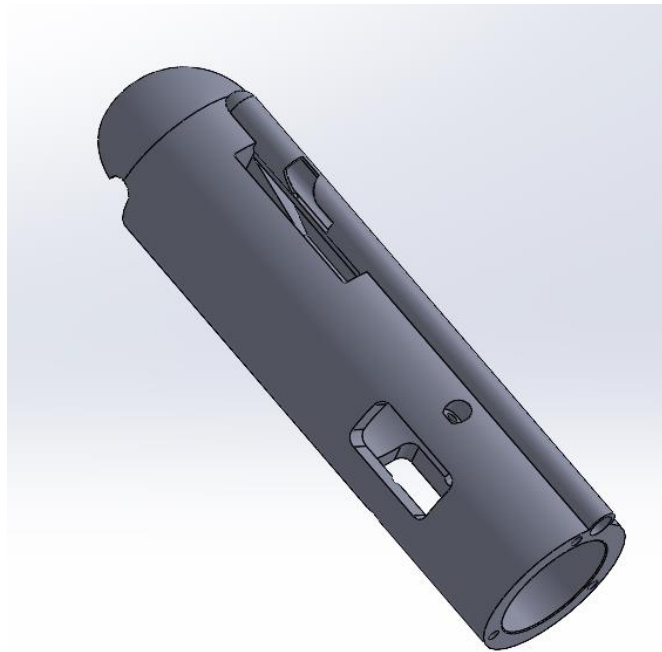
En este apartado se encuentran las distintas piezas que conforman el subsistema superior del mosquetón. Este sistema irá unido de forma permanente a la terminación de la correa del usuario, mediante la aproximación de este al subsistema inferior. El conjunto será capaz de consolidarse y formar la unión necesaria para iniciar el paseo con la mascota.



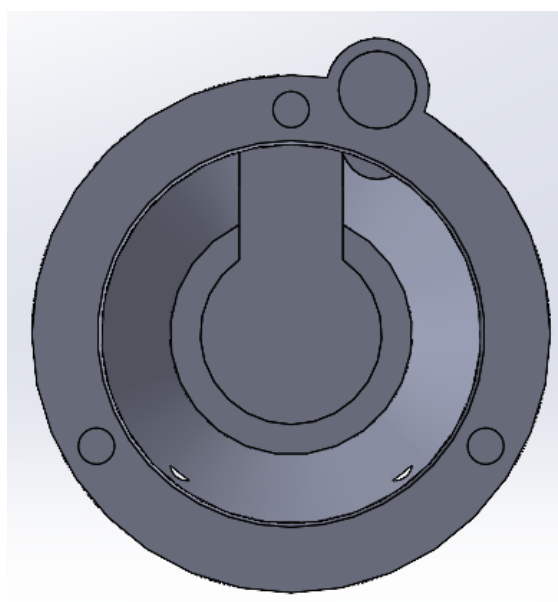
*Figura 50. Imagen del ensamblaje del Subsistema Superior.*

### III.1.1.1 Carcasa

Este elemento dota de soporte al mecanismo interno del sistema mosquetón. Para su diseño se ha buscado que cupiesen todos los elementos móviles, con una cierta holgura, y teniendo en cuenta los grados de libertad que cada uno de ellos debía contener, además de la fijación para el correcto funcionamiento del conjunto, en adición a puntos de anclaje para el elemento Unión a correa, que será abarcado más adelante.



*Figura 51. Carcasa del mosquetón.*



*Figura 52. Vista en planta de la Carcasa del Mosquetón.*

En la Figura 22 se puede apreciar un círculo de menor diámetro y de menor espesor que el exterior, el cual contiene una cavidad en su zona superior. Esta cavidad tiene la función de dotar al *Árbol con Gatillo* de soporte y de carril sobre el cual deslizarse.

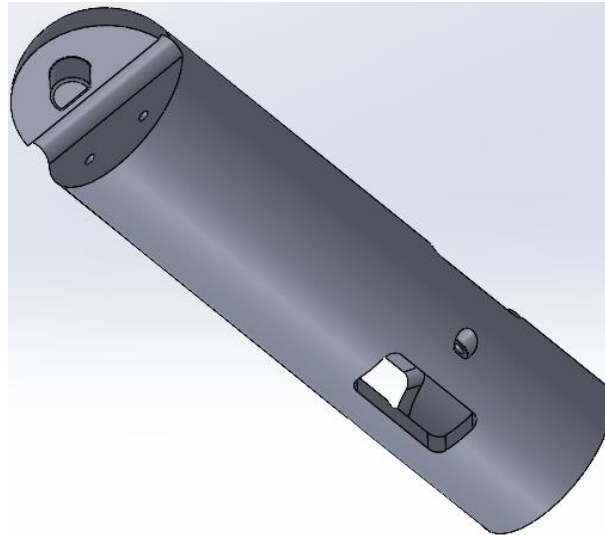


Figura 53. Cara opuesta de la Carcasa del Mosquetón.

El diseño consta de una carcasa de forma cilíndrica cuya sección superior termina en una semiesfera partida con un orificio que la atraviesa a través de su diámetro. Esta geometría en conjunto con la pieza *Unión para correa*, será clave para que esta solución pueda acoplarse a todo tipo de correas que se encuentran en el mercado.

En la parte central superior, se encuentra una cavidad de forma rectangular y alargada la cual servirá de corredera para el gatillo del sistema. Este elemento servirá para posicionar las garras de manera abierta cuando este se coloque en la posición más baja de la cavidad, y tras el contacto con el elemento que porta la mascota, este gatillo se desplazará hacia arriba, por acción del muelle interno e iniciará el cierre de las garras.

Este gatillo estará detenido por el componente *Seguro*, el cual se alberga, junto con *Árbol con Seguro*, en el cilindro de menor tamaño que se puede apreciar en la figura, en el lado izquierdo de la cavidad para el *Gatillo*.

Para la ubicación de las garras con elementos de unión entre las dos secciones que componen el conjunto mosquetón, esta carcasa contiene 3 huecos rectangulares idénticos, dispuestos alrededor del cilindro, con una separación entre estos de 120°. La utilización de este ángulo se debe a la simetría buscada a la hora de utilizar un mecanismo de triple pinza. Para dotar de soporte y de giro a las tres garras, se disponen 3 agujeros por los cuales se atornillarán 3 tornillos de cabeza cilíndrica métrica M2x20mm, uno de los cuales se reducirá su largo 3mm para poder albergar el árbol del *Seguro para gatillo*. Estos tornillos harán las veces de rigidizadores del sistema y de ejes para el giro de las *Garras*.

Si se sigue bajando, esta sección consta de 3 agujeros para 3 tornillos M2x20 y de una superficie plana para el correcto acoplamiento de la *Pieza inferior* del subsistema y también para hacer posible el montaje del mecanismo interno que contiene la carcasa.

#### III.1.1.2 Árbol con Gatillo

Se trata del elemento encargado de gestionar el cierre y la apertura de las garras por medio de su geometría cilíndrica. Para su diseño se ha buscado que cumpliera la función de mover las garras sin ocupar mucho espacio ni ser frágil. Con dichas premisas en mente, se ha optado por una simetría circular que consta de diversos diámetros. Estos realizan la acción de impactar de forma controlada contra la sección inferior de las garras generando su apertura o su cierre y manteniéndolas en dicha posición hasta que son cambiadas de posición por medio del ajuste manual o la acción del muelle.

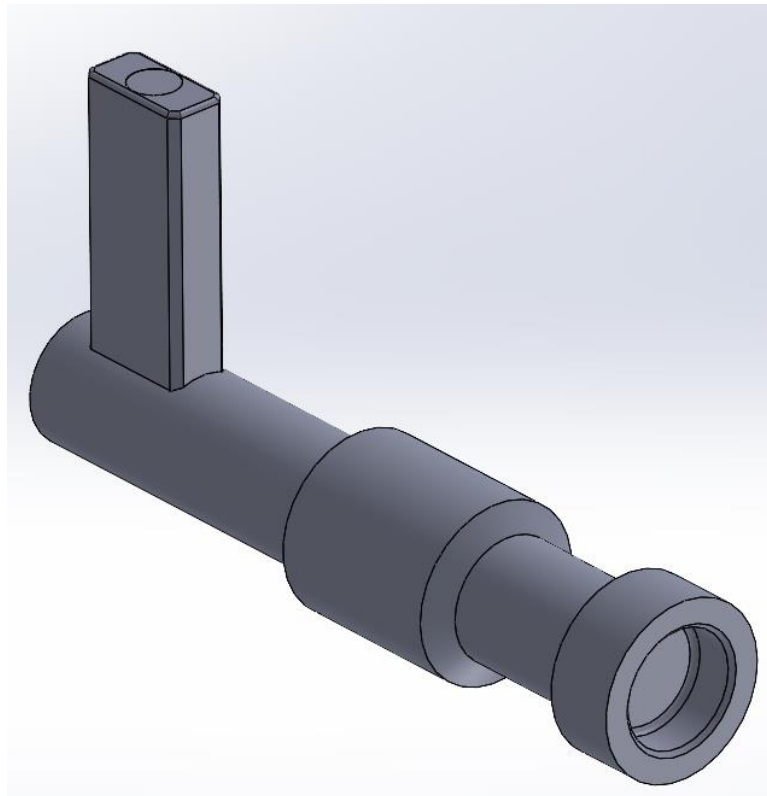


Figura 54. Imagen del modelo 3D de Árbol con gatillo.

Como se ha podido apreciar en esta figura, el árbol consta de 3 diámetros distintos, el principal del elemento, el de los dos cilindros mayores y el intermedio entre los dos cilindros mayores. Estos últimos serán los encargados de las funciones anteriormente descritas además de sostener en la posición de cierre y apertura al elemento garra.

En la cara frontal del cilindro exterior de mayor diámetro se encuentra una cavidad circular cuya función es la de albergar parte del muelle que retornará al árbol a su posición de cierre de *Garras* en cada uso.

Finalmente, en la parte posterior sobre el eje de menor diámetro, se encuentra una sección rectangular cuya función es la de proporcionar al usuario la vía de interacción directa con el árbol para poder posicionarlo en posición de *Garras* abiertas, esta sección se encuentra unida al árbol mediante un tornillo por su extremo descubierto, convirtiendo así al árbol y al gatillo en una única pieza conjunta, el tornillo a su vez irá cubierto por una pequeña pieza embellecedora. Este diámetro de sección es de menor tamaño que el resto para poder adaptarse a la cavidad de la carcasa encargada de darle soporte y carril sobre el que ejercer su deslizamiento positivo y negativo sobre un único eje espacial.

### III.1.1.3 Seguro para gatillo

Con la intención de conseguir que fuese posible detener el *Árbol con Gatillo* en la posición de apertura de *Garras*, se diseñó un elemento móvil cuya función es la de detener este gatillo cuando no se encuentra el *Subsistema inferior* unido al *Subsistema superior*. Para conseguir esta utilidad, se ha inspirado su diseño en la activación y desactivación de un bolígrafo, el cual al ser pulsado se enclava en una posición fija y cuando se vuelve a pulsar se desplaza a una segunda posición escondiendo así la punta.

Con esta premisa en cuenta, se ha desarrollado una sección cilíndrica que actuará como botón del bolígrafo en su parte inferior y como tope del Gatillo en su sección superior, de forma que, al unirse el subsistema superior con el inferior, este libere el Gatillo. En la siguiente figura se puede visualizar su geometría.

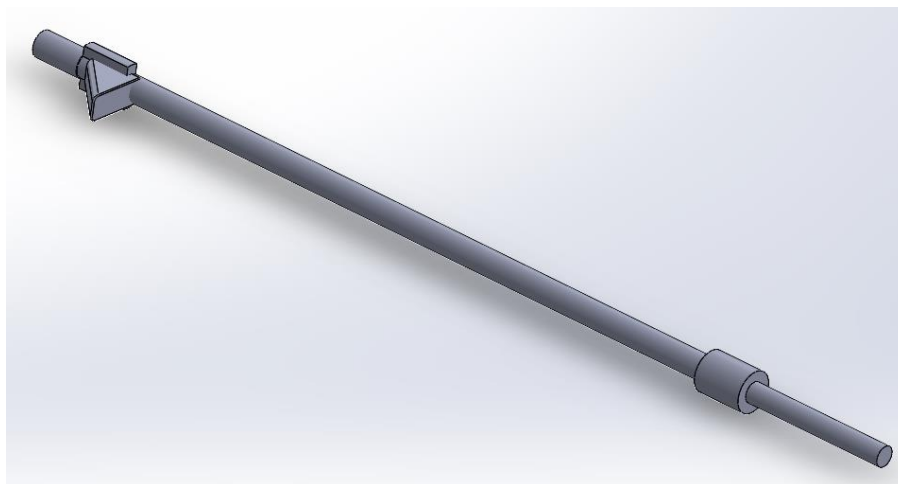


Figura 55. Seguro para gatillo.

Como se puede apreciar, el eje está formado por diversos diámetros;



- Empezando con el más estrecho en la parte inferior-derecha de la figura. Este primer cilindro será el que haga contacto con la sección plana del subsistema inferior, librando de este modo el seguro.
- A continuación, se encontraría diámetro que actúa como tope para impedir que el elemento se salga de la cavidad que forman la *Carcasa* y la *Pieza inferior*.
- En la siguiente posición estaría el diámetro intermedio, el cual es más estrecho que los que tiene a ambos lados para disminuir el rozamiento con la cavidad.
- A continuación, se encontraría la pieza *Seguro* en sí, el cual está creado a base de una cuña triangular, la cual permitirá que el gatillo se desplace hacia la posición de carga y le impedirá el retorno.
- Seguidamente se encontrarían dos elementos sobre y debajo de la unión del *Seguro*. Estos servirán para dotar de rigidez extra al seguro, debido a que estarán en contacto con la cavidad sobre la que se desplaza, actuando como guías.
- Finalmente se encuentra el diámetro encargado de introducirse dentro del muelle, dándole a este la unión necesaria para que no pueda retorcerse y perder su función de retornar el seguro a su posición de inicio.

Mediante estas secciones se ha logrado crear un elemento que mantiene al sistema en la posición de espera hasta la consecuente unión con el subsistema inferior. Con ello se desencadenará el cierre de las garras sobre este último.

Este elemento irá introducido en el cilindro hueco más pequeño de la carcasa como se muestra en la siguiente figura:

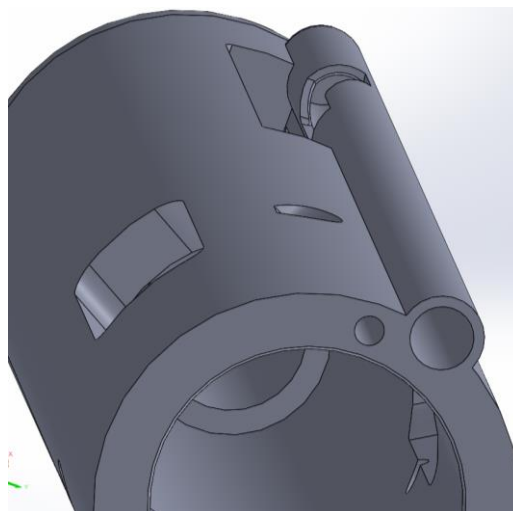


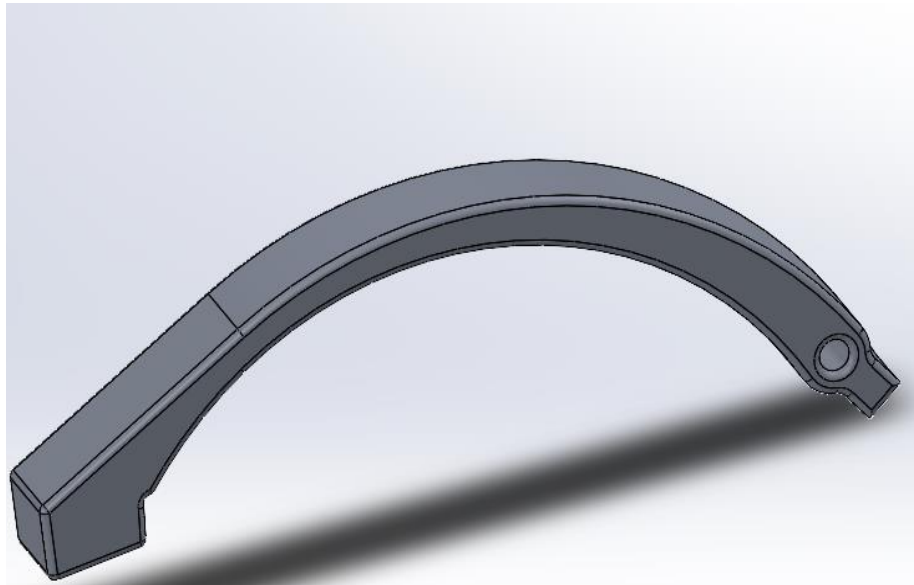
Figura 56. Ampliación de la pieza *Carcasa* en la que se aprecia la ubicación del *Seguro* para Gatillo.

#### III.1.1.4 Garras

Son los elementos de mayor importancia de este artilugio. Su función será la de realizar un anclaje estable y robusto, que se encargará de transmitir y soportar las tensiones axiales generadas por el animal en el paseo. Para su diseño se ha tratado de evitar a toda costa los concentradores de tensiones que se diseñaron por error en los modelos preliminares, ya que estos eran puntos generadores de fallo catastrófico de la pieza o reducían su tensión máxima y



además contenían esquinas anguladas las cuales podrían dañar de forma cortante al animal o al dueño mientras se utiliza.

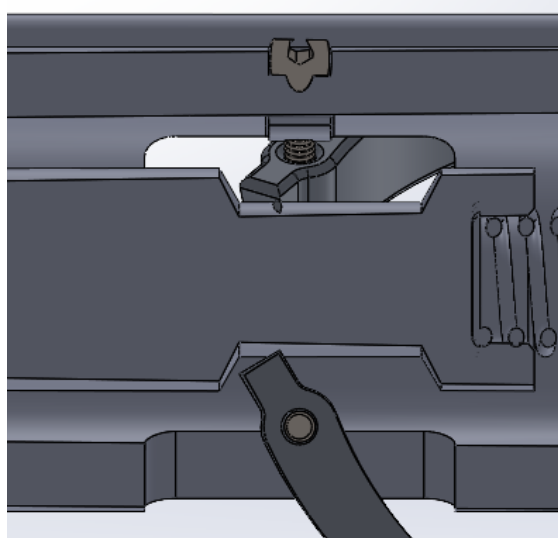


*Figura 57. Diseño 3D de la Garra.*

Para su diseño se puede observar la utilización de una curvatura amplia mediante la que se consigue una transmisión estable de tensión sin posibilidad de generación de tensiones destructivas puntuales.

En la zona izquierda de la figura, se puede apreciar un rectángulo que será el encargado de encajar en el Anclaje Pasivo. Contendrá una geometría de dimensiones similares para que exista el menor juego posible entre una pieza y la otra. En la base de este rectángulo se encuentra una cavidad cilíndrica que albergará un pequeño imán de 6x2.5mm en su interior. Este elemento servirá de unión con la pieza Anclaje pasivo, de forma que la garra estará sujeta por los imanes y por la geometría del anclaje.

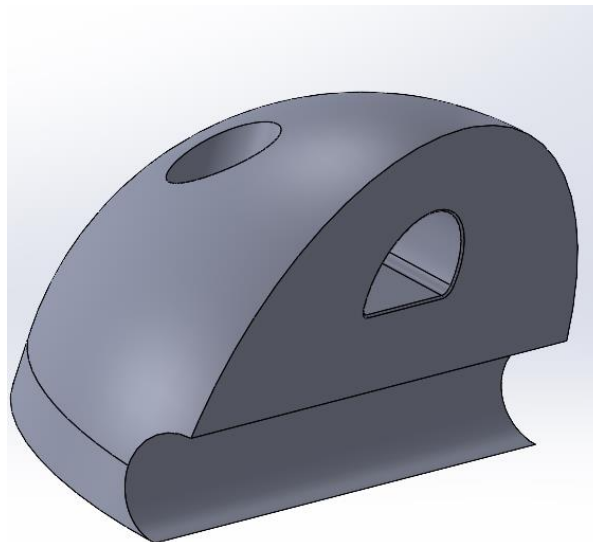
En la sección más a la derecha de la imagen es donde se puede ver por donde atravesará el eje formado por el tornillo de M2. Al igual que en el resto de la pieza, se ha evitado la formación de cualquier esquina por medio del uso de redondeos. Justo en la esquina derecha de la imagen se puede apreciar que la pieza se encuentra cortada siguiendo un radio muy concreto, el cual coincide con la medida del cilindro intermedio del Árbol con Gatillo. Este elemento le dotará del movimiento de apertura y cierre por medio del impacto de una u otra sección de mayor diámetro que la colindan.



*Figura 58. Vista seccionada en la que se aprecia al Árbol con Gatillo y la terminación de la Garra en sitio.*

#### *III.1.1.5 Unión para correa*

Esta pieza será la encargada de cerrar la carcasa alrededor de la hebilla en la correa de la mascota. Su diseño se ha realizado en base a las medidas obtenidas de una hebilla para perro de 30 kg peso. Gracias a estos datos, se ha podido comprobar que la sujeción magnética no era lo suficientemente tenaz como para poder considerarse apta para este diseño, por lo que se optó por sustituirla por una unión mediante la tornillería utilizada como ejes en las garras (M2x20). Mediante la utilización de dicha tornillería se consigue una unión capaz de soportar las solicitudes sin inconvenientes. A continuación, se muestra una imagen de la pieza en cuestión.



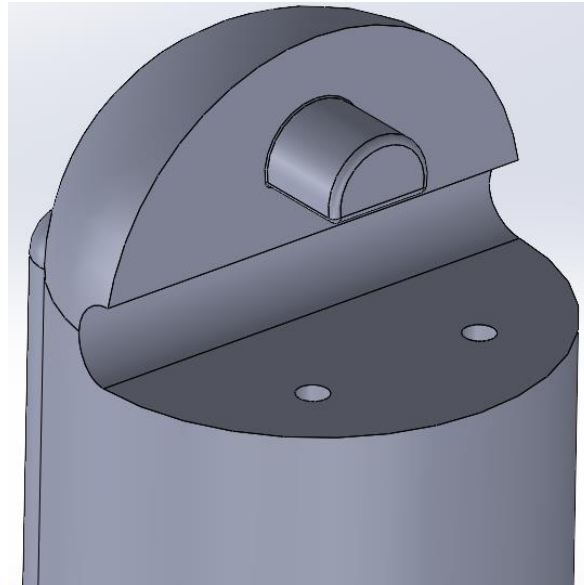
*Figura 59. Pieza Unión para correa.*

Para su diseño se ha optado por la creación de un orificio central que está compuesto por un círculo truncado por una recta. Mediante este tipo de unión utilizada en cargadores de dos fases, como los de ordenadores portátiles, se consigue una geometría de una única posición correcta, por lo que es imposible que el usuario instale mal esta sección a la hebilla de la correa.

La pieza también cuenta con dos orificios en su sección superior para la entrada no solo del tornillo sino también para las cabezas de estos, de manera que todo converja en un diseño más orgánico, sin interferir demasiado en la semiesfera exterior.

Para la hebilla se ha optado por la creación de un canal circular, cuya primera mitad la contiene esta pieza y la restante se encuentra en la carcasa. Con ello se consigue aprisionar esta hebilla permitiendo su movimiento en un solo eje espacial.

En la siguiente figura se puede observar la sección de la carcasa en la que esta iría acoplada.



*Figura 60. Sección de unión en Carcasa para la pieza Unión para correa.*

Tal y como se puede apreciar en la imagen de arriba, la carcasa cuenta con la sección macho de la conexión, por lo que la pieza entrará deslizándose sobre esta con la hebilla colocada en medio de ambas secciones y será fijada mediante la tornillería.

En la imagen a continuación se puede apreciar como quedaría el conjunto una vez acoplada la hebilla de la correa y puestos los tornillos.



Figura 61. Acoplamiento de las piezas Unión para correa y Carcasa con los tornillos con la hebilla de la correa.

#### III.1.1.6 Pieza inferior

La pieza inferior será el elemento encargado de realizar el primer acoplamiento con el *Subsistema Inferior*, mediante una conexión imantada y de albergar el sistema de liberación del gatillo (*Seguro para gatillo*). Para su diseño se ha optado por crear un cono truncado ya que esta geometría facilita la entrada y correcta sujeción en una posición concreta para dos piezas distintas. Este tipo de conexión se puede encontrar en muchos muebles, siendo una forma sencilla de unir dos elementos.

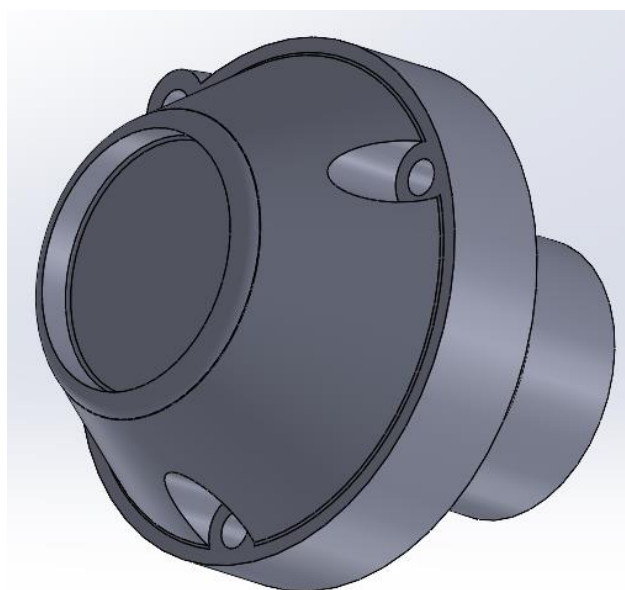


Figura 62. Pieza Inferior en vista isométrica.

Como se puede observar en la figura, para su acoplamiento con la pieza Carcasa, se ha optado por la unión mediante tornillería de M2. En la zona truncada del cono, se encuentra un hueco cilíndrico con la medida exacta para albergar un imán de neodimio de medida 16x2.5mm cuya función será la de enlazarse con la pieza *Anclaje pasivo*.



Figura 63. Imagen en planta de Pieza inferior.

En la Figura anterior, se puede apreciar un cuarto agujero el cual servirá de apoyo para la pieza *Seguro del gatillo*, Así será capaz de impactar con la pieza *Anclaje Pasivo* y a su vez tener un punto de apoyo y retención que le impedirá salir del *Subsistema Superior*.

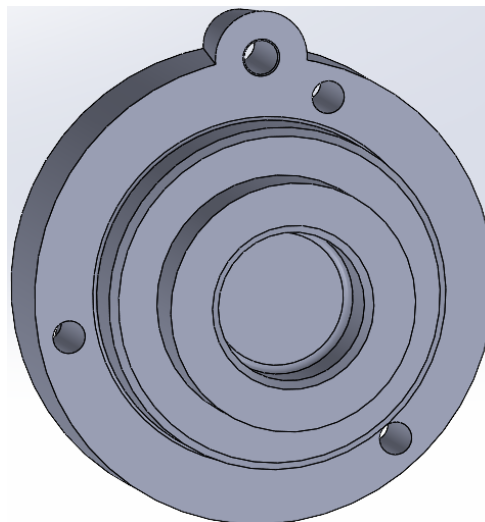
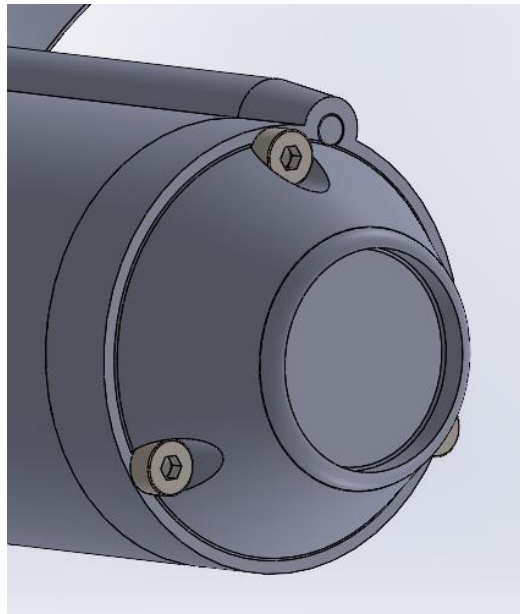


Figura 64. Vista posterior de la Pieza Inferior.

En la última figura expuesta, se puede apreciar una cavidad central que albergará parte del muelle, creando de este modo, y junto con el *Árbol con gatillo*, el segundo apoyo para el muelle interno del *Subsistema Superior*. Con ello, se logra que el sistema consiga dos posiciones; muelle presionado y sin carga.

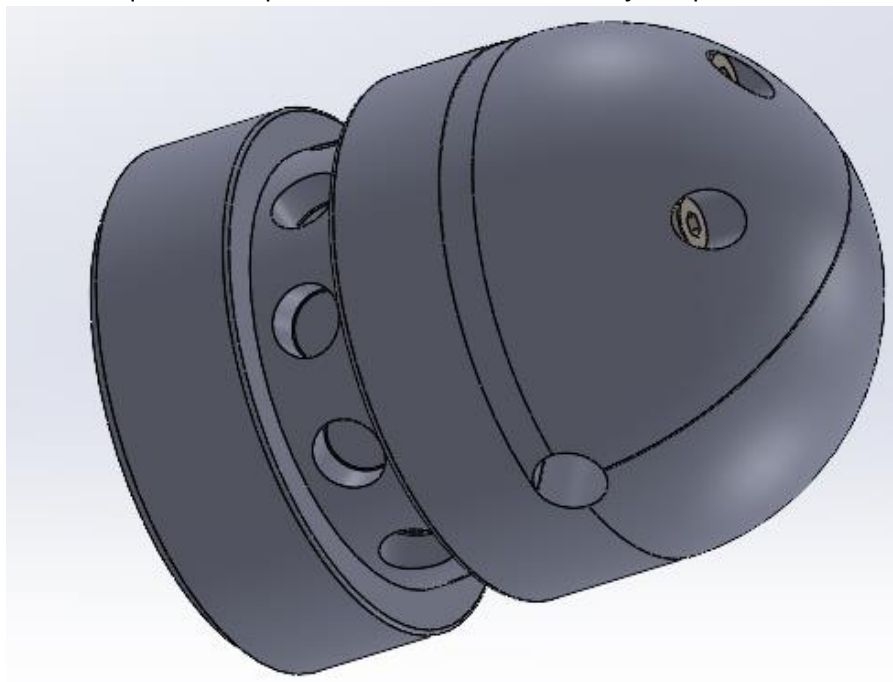
En la siguiente imagen se puede apreciar como quedaría esta pieza unida a la carcasa.



*Figura 65. Imagen del ensamblaje de la Pieza inferior con la tornillería colocada.*

### III.1.2 Subsistema inferior

Este subconjunto será el encargado de sostener a las garras en posición de cierre, así como de dotar de un punto de unión al imán que porta el subsistema superior para realizar el primer enlace. Esta sección del mosquetón será portada por el animal, ya sea en su arnés o en el collar que porta al cuello gracias a su adaptabilidad a las hebillas estandarizadas que existen para estos elementos de anclaje corporal.



*Figura 66. Ensamblaje del Subsistema inferior.*

A continuaci3n, se van a describir las distintas piezas, as3 como sus funciones y ubicaciones dentro del subconjunto inferior.

#### III.1.2.1 Anclaje pasivo

Este elemento recibe su nombre debido al trabajo que de este se espera, esto es debido a que el elemento en cuesti3n ser3 el asiento del Subsistema superior. Primero, mediante la conexi3n magnética y a continuaci3n, por las garras en torno a su secci3n de menor espesor.

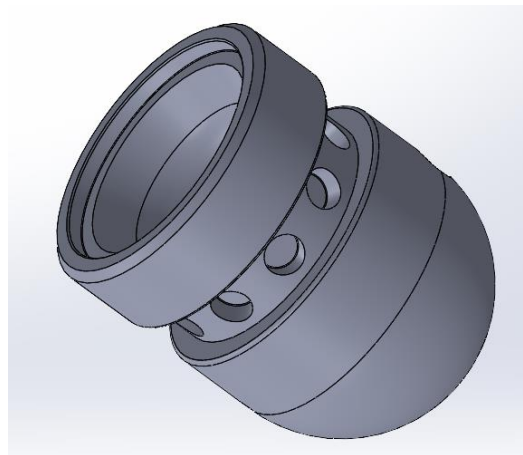
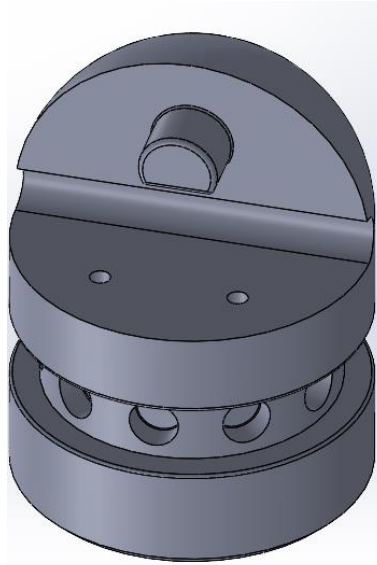


Figura 67. Pieza Anclaje Pasivo modelada en SolidWorks.

La conexi3n magnética principal se encuentra en el hueco en forma de cono que corona la pieza por su extremo inferior. Esta cavidad est3 diseñada específicamente para que penetre en ella la *Pieza Inferior* sin ning3n inconveniente. Para ello, se han dispuesto distintas curvaturas y dimensiones que permiten que cual sea la direcci3n de ataque de la pieza macho, la pieza hembra la recibir3 en la posici3n de enlace correcta en todas las ocasiones y con ello se conseguir3 la conexi3n autom3tica entre ambos subsistemas.

Si se observa la superficie de la Figura se puede apreciar una secci3n de menor espesor y de forma rectangular. Esta geometr3a concreta, en conjunto con los 9 orificios cil3ndricos para imanes de neodimio (2.6x5mm) hace que las *Garras* puedan tener un mayor n3mero de posiciones que la 3nica que se pod3a apreciar en el diseño preliminar de la pieza. Gracias a esta modificaci3n, la tasa de error a la hora de unir las garras a esta cavidad es cercana a 0.



*Figura 68. Vista trasera de la pieza Anclaje Pasivo.*

En la zona más superior de la pieza se puede apreciar una geometría idéntica a la que se encontraba en la pieza *Carcasa* del *Subsistema* superior. Tan solo difieren en el tamaño, ya que esta sección es de mayor tamaño. Esto es debido a que la hebilla que se encuentra ubicada en los arneses es de mayor tamaño que la encontrada en la correa. Mediante esta sutil modificación, se consigue una unión igual de robusta que la encontrada en la carcasa e igualmente sencilla de instalar.

#### *III.1.2.2 Unión a arnés*

Como el nombre del elemento indica, esta pieza será la encargada de cerrar la sección mostrada en el apartado anterior de forma que la hebilla del arnés de la mascota quede embebida entre las dos caras del cilindro hueco, permitiendo su giro y desplazamiento sobre un único eje espacial al igual que ocurría con la pieza *Unión a correa* en el *Subsistema Superior*.





*Figura 69. Imagen isométrica de la pieza Unión a arnés.*

Del mismo modo que ocurría en la pieza Anclaje a correa, la pieza contiene una conexión hembra, tornillería M2x20mm y una ranura curva para el asiento de la hebilla.

### III.1.3 Elementos normalizados

En este apartado se van a exponer los distintos elementos normalizados que han sido utilizados para este proyecto, concretando su función y la preferencia de su aplicación en contraposición con otras alternativas.

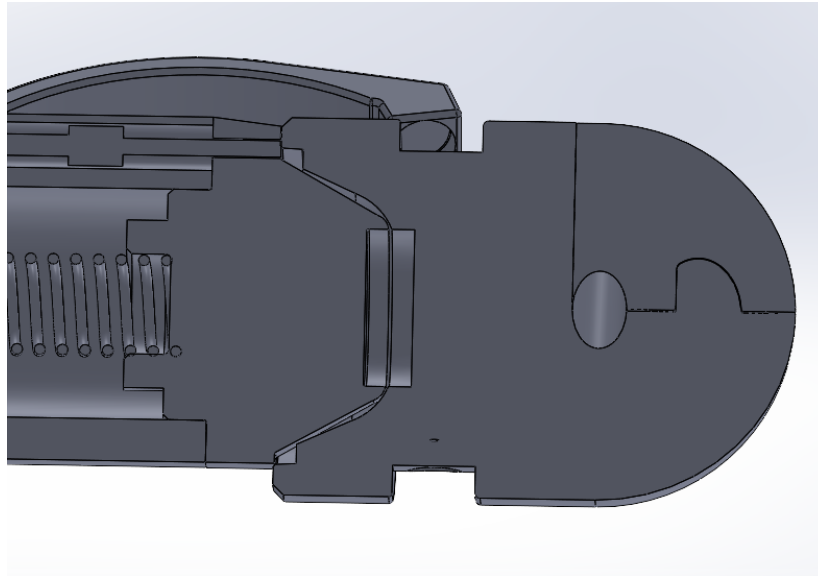
#### III.1.3.1 Imanes de neodimio (de Medida 1 y medida 2)

Los imanes de neodimio se conocen también como NdFeB, por su composición, ya que están fabricados mediante hierro, boro y aleación de Neodimio. Esta combinación de elementos es conocida como Imán de tierras raras. Se trata del imán más extensamente utilizado, en aplicaciones que van desde equipos de sonido, maquinaria herramienta o el sector de la telefonía móvil entre otros muchos.

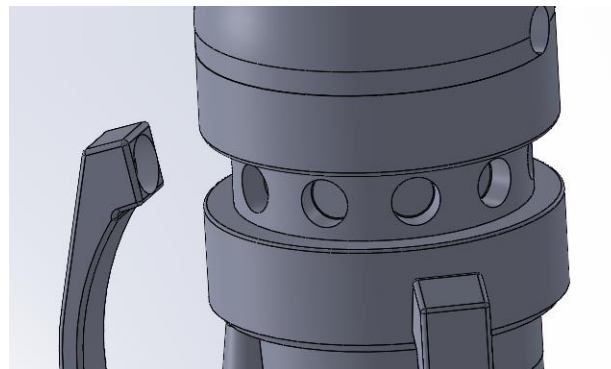


*Figura 70. Imanes de Neodimio utilizados.*

Para esta aplicación se han utilizado dos diámetros estándar; 15mm y 6mm y espesor 2.5mm para ambos. Su función dentro del conjunto será la de realizar acoplamientos entre cuatro sistemas, Entre la *Pieza Inferior* con la pieza *Anclaje Pasivo* y con las *Garras*. Mediante estos elementos de unión magnética, se logrará una rigilización y posicionamiento correcto en todas las uniones que realice el conjunto.



*Figura 71. Vista partida del ensamblaje en la que en su centro se aprecia la posición de los dos imanes de 15 mm de diámetro.*



*Figura 72. Ampliación de la sección del ensamblaje en la que se encuentran ubicados los imanes de 5mm de diámetro.*

La selección de este tipo de elemento se ha llevado a cabo debido a la fuerza de atracción que ejercen unos contra otros a pesar de su reducido tamaño, y sobre otros materiales ricos en hierro, frente a otros tipos de imanes menos potentes como serían el Alnico o el Sr-Ferrita. Concretamente se ha seleccionado la magnetización N38, ya que hace referencia a la calidad del material de fabricación y por lo tanto a las propiedades magnéticas del mismo. Con una fuerza de magnetización normal que oscila entre los 500g hasta los 3kg para el imán de mayor tamaño.

### III.1.3.2 Muelle 1

Para este resorte se ha escogido un muelle de compresión DIN 2095. Para ubicarlo se ha creado la cavidad a medida para que fuera capaz de generar el trabajo que se le solicitaba como generador de este movimiento que accionaría, de forma indirecta, a las *Garras* hasta su posición de cierre sobre el *Subsistema Inferior*. Las dimensiones del muelle escogido son 9.55 mm de diámetro exterior y 25mm de longitud libre, con una constante  $K = 0.41 \text{ N/mm}$ , su código de referencia es M01LE1286.

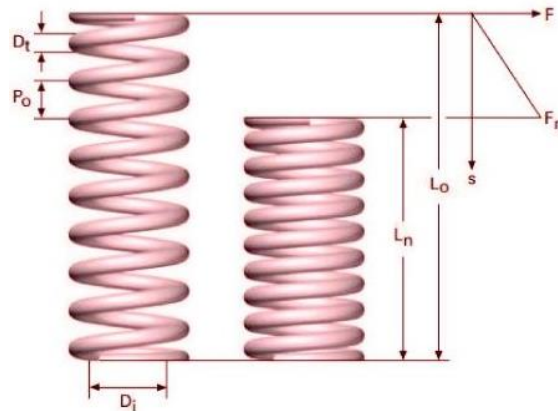


Figura 73. Medidas para la selección del muelle cortesía de *springmakers.net*.

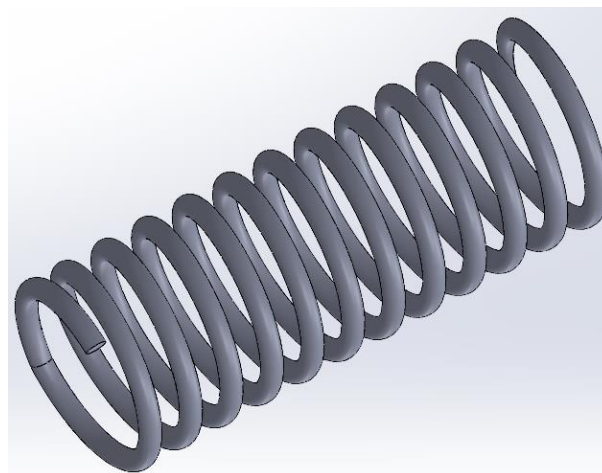
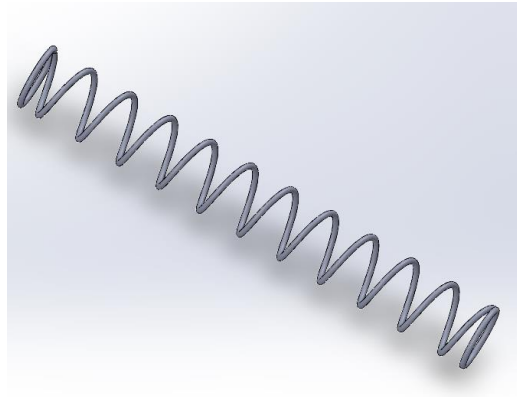


Figura 74. Representación gráfica del Muelle 1.

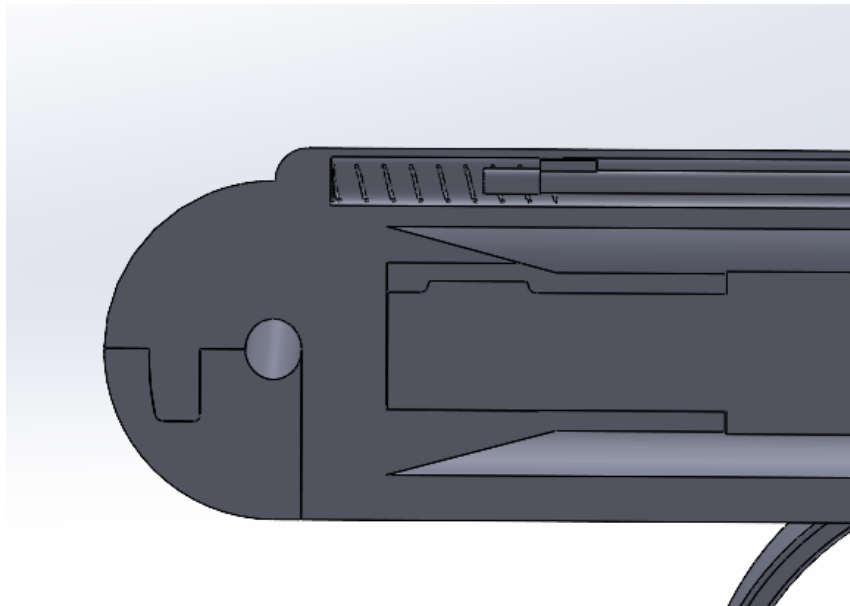
### III.1.3.3 Muelle 2

Este elemento de amortiguación es el mismo que se encuentra en cualquier bolígrafo con pulsador comercial. Se ha escogido este tipo de muelle debido a su reducido tamaño y a su resistencia a los ciclos de trabajo. Posee unas medidas estandarizadas las cuales son; 4.25 mm de diámetro exterior y 26 mm de longitud libre, con una constante  $K = 0.41 \text{ N/mm}$ . Esta

constante tiene un valor superior al anterior resorte, ya que debe ser capaz de soportar la presión ejercida por el *Muelle 1* durante su posición de carga. El código de referencia de este muelle es M01MC4750028.



*Figura 75. Imagen del modelo CAD del Muelle 2.*



*Figura 76. Vista seccionada en la que se puede apreciar la posición que ocupa el Muelle 2 en el ensamblaje.*

#### III.1.3.4 Tornillería M2x20

Esta tornillería concreta ha sido seleccionada por la forma de su cabeza sin cantos, ya que encaja perfectamente con la premisa del proyecto de no realizar daño cortante ni al animal ni al usuario y por otro lado por ser elementos de unión muy comunes y fáciles de encontrar en ferretería o comercio online. Las medidas, así como la serie del tornillo elegido ha sido la M2x20 debido a las dimensiones finales de las piezas.

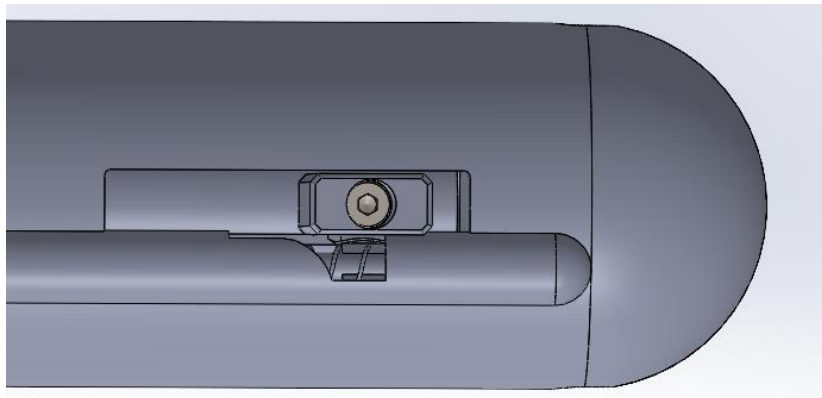
Para discernir la calidad que estos debían poseer, una vez realizada la simulación, se hizo uso de la normativa DIN 912-ISO 4762. Mediante esta normativa de marcado de los tornillos se pudo seleccionar la marca A2-70 ya que, para esta aplicación en concreto, un tornillo con resistencia

a tracci3n 700 N/mm<sup>2</sup> era m3s que suficiente, pudiendo de este modo desechar el uso de los A4-80, los cuales eran igualmente aptos pero suponían un sobre coste y no era preciso que soportasen tanta tensi3n.

El haber incorporado una tornillería de tamaño superior hubiera ocasionado una deficiencia importante tanto en la est3tica del producto, como tambi3n en la forma final del mismo. Esta tornillería fue elegida a posteriori y los orificios de las piezas fueron adaptados a las medidas de estos elementos.

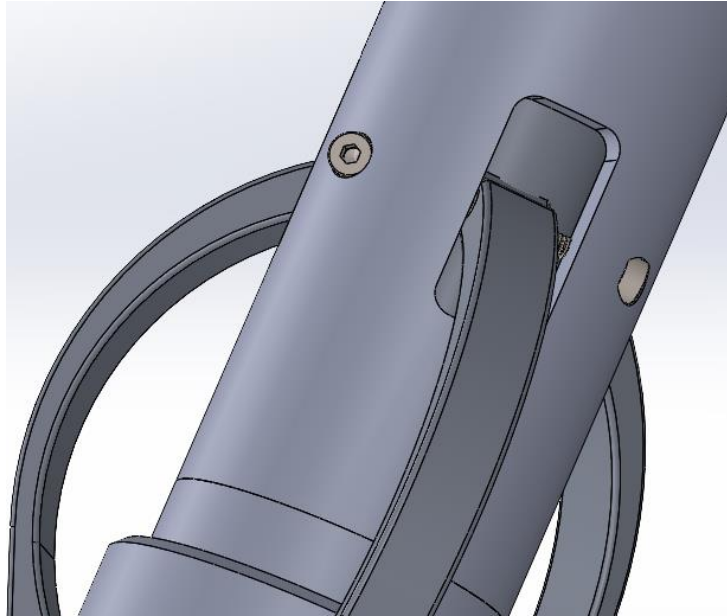
Para el ensamblaje de este mosquet3n se han utilizado 11 tornillos M2x20, ubicados en las posiciones que se exponen a continuaci3n:

- El primero de este tornillo se encuentra, tal y como se puede apreciar en la imagen de debajo, uniendo el gatillo con el 3rbol. Esta uni3n atornillada har3 posible, como se ver3 en el apartado montaje, el ensamblaje de este elemento una vez se halle dentro de la carcasa el 3rbol.



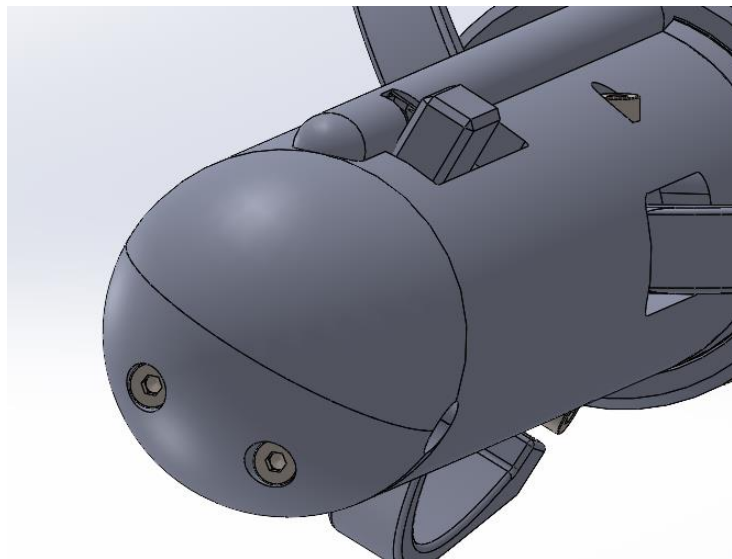
*Figura 77. Ensamblaje del conjunto mosquet3n en planta donde se puede apreciar la posici3n del tornillo del Gatillo.*

- Tres de ellos componen los ejes de las Garras y se encuentran en la superficie de la carcasa. A uno de estos se le han sido sustraídos 2 mm para poder adaptarse a la cavidad que iba a ocupar. Esta secci3n fue realizada por la necesidad de albergar la pieza *Seguro para gatillo*, con la cual, en la fase de diseño previo colisionaba. Se pude apreciar en la figura a continuaci3n.



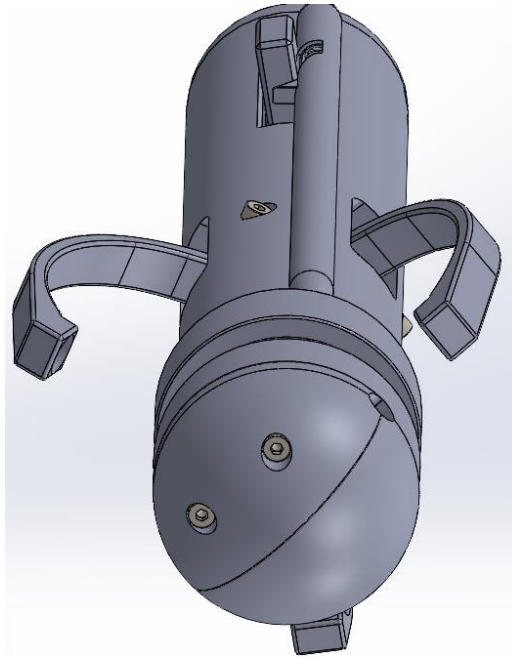
*Figura 78. Ampliación del ensamblaje Mosquetón en el que se ven las posiciones de los tornillos ejes de las Garras.*

- Dos se ubican en la pieza Unión para correa. Su función es la de asegurar esta pieza y la carcasa para impedir el escape de la hebilla de la correa.



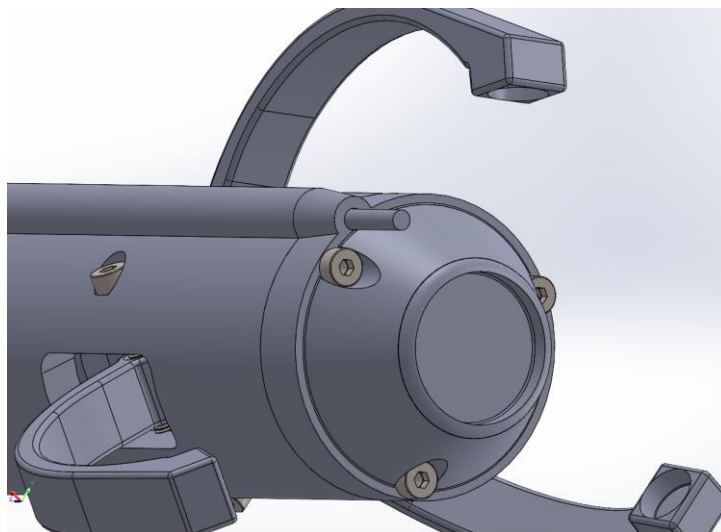
*Figura 79. Posición de la tornillería en la pieza Unión para Correa.*

- Otros 2 tornillos realizan la misma función que los anteriores para la pieza *Unión para arnés*.



*Figura 80. Posición de los tornillos de la Unión para Arnés.*

- Finalmente, 3 de ellos se encuentran uniendo la *Pieza Inferior* a la *Carcasa* por su superficie posterior.



*Figura 81. Ampliación de la sección en la que se encuentran los tornillos de la Pieza Inferior.*

Con todos estos elementos que han sido expuestos se ha ensamblado el sistema mosquetón. En el Anexo III Instrucciones de Montura se explicará detalladamente como ensamblar este conjunto.

## III.2 Funcionamiento

En este apartado se detalla el funcionamiento del mosquetón. Para facilitar la explicación se utilizarán figuras ejemplificando cada uno de los movimientos que realiza el conjunto para realizar el cierre automático y su posterior desenganche manual.

En primera instancia se realiza la unión de los conjuntos superior e inferior mediante la aproximación de la correa al arnés del animal. Previamente se han acoplado cada uno de los subsistemas a su hebilla correspondiente tal y como se puede observar en el Anexo III Instrucciones de montura.

Gracias a los dos imanes que se encuentran en los asientos de ambos subsistemas, este conjunto se acopla entre si con tan solo aproximar ambas secciones.



*Figura 82. Aproximación del subsistema superior al inferior mediante magnetismo.*

Una vez realizado esta unión el conjunto quedaría de este modo:

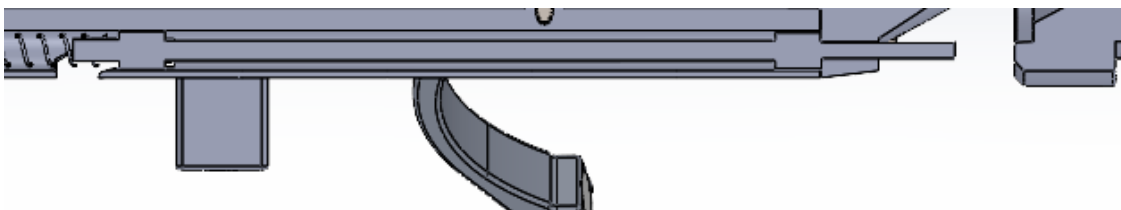




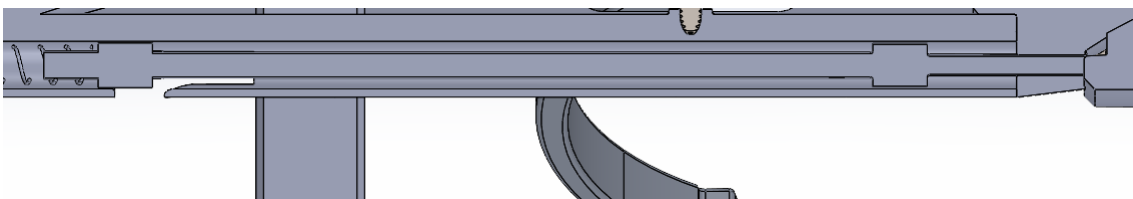
*Figura 83. Sistema acoplado, sin despliegue de garras.*

Simultáneamente a esta unión se produce la retracción de la pieza Árbol con Seguro debido al acoplamiento de ambos subsistemas.

Para mostrar esta operación que ocurre de manera automática con la unión de ambos extremos del mosquetón, se ha expuesto en la siguiente figura una vista partida de la cavidad que ocupa dicho árbol.

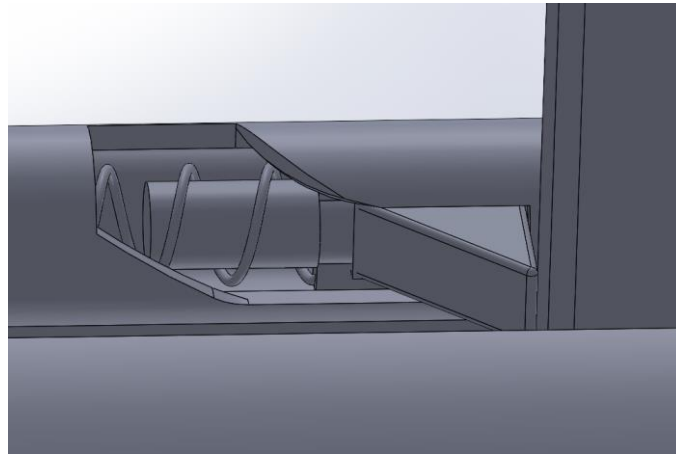


*Figura 84. Posición del Árbol con gatillo sin acoplamiento.*

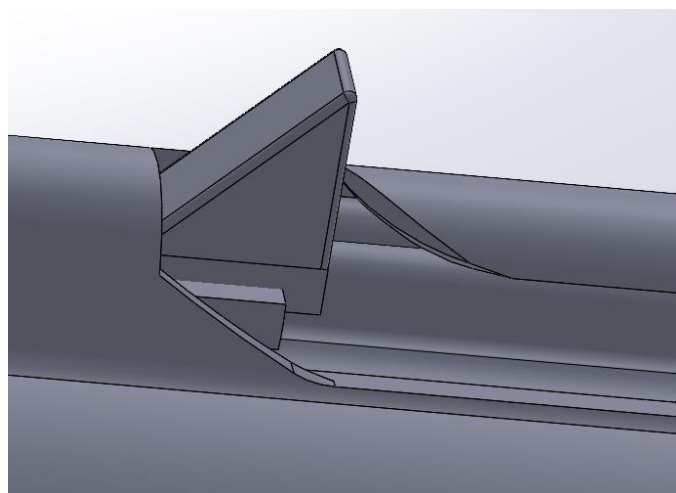


*Figura 85. Posición del Árbol con Seguro con acoplamiento.*

En las siguientes figuras se muestra las posiciones que posee el Seguro. En su posición de reposo o sin haberse producido el acoplamiento inicial, esta pieza se encuentra sujetando a la pieza Gatillo impidiendo que esta se mueva. En su posición final o con acoplamiento realizado, esta pieza se desplaza hacia atrás y hacia arriba gracias a la guía sobre la que se apoya liberando de este modo el Gatillo.

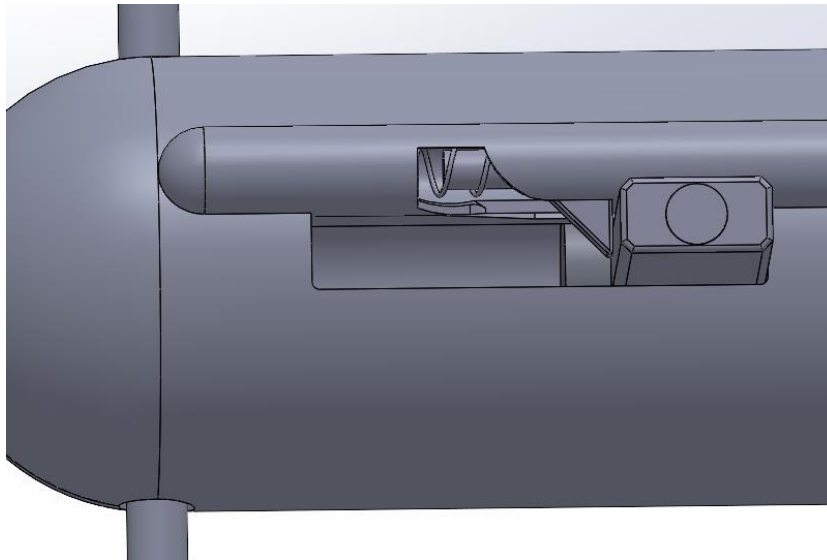


*Figura 86. Posición inicial del Seguro sin acoplamiento.*

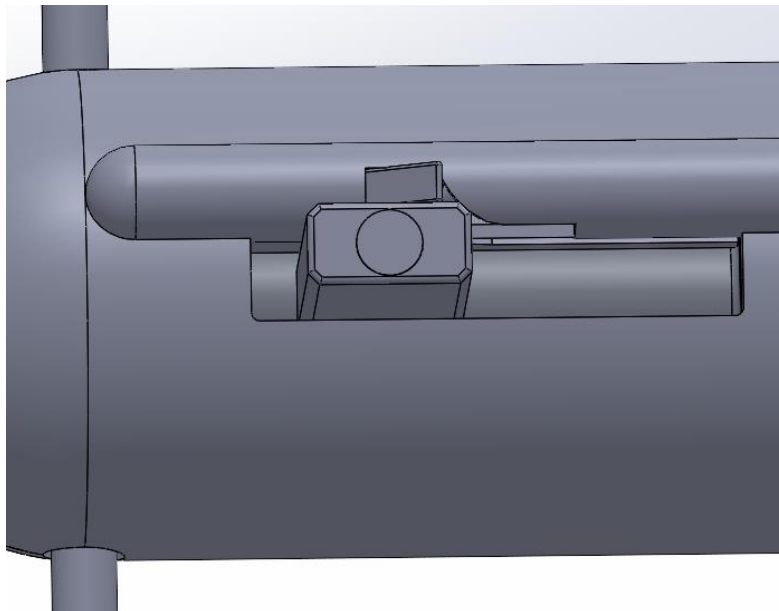


*Figura 87. Posición final del Seguro con acoplamiento.*

Seguidamente de la liberación de la sujeción que generaba el Seguro, la pieza Gatillo se desplaza hacia arriba de la guía hasta su posición final por la acción del muelle que se encuentra unido al extremo de su Árbol. Para mostrar esta operación se presentan a continuación dos figuras en planta de dicha sección antes y después de la liberación de este elemento.

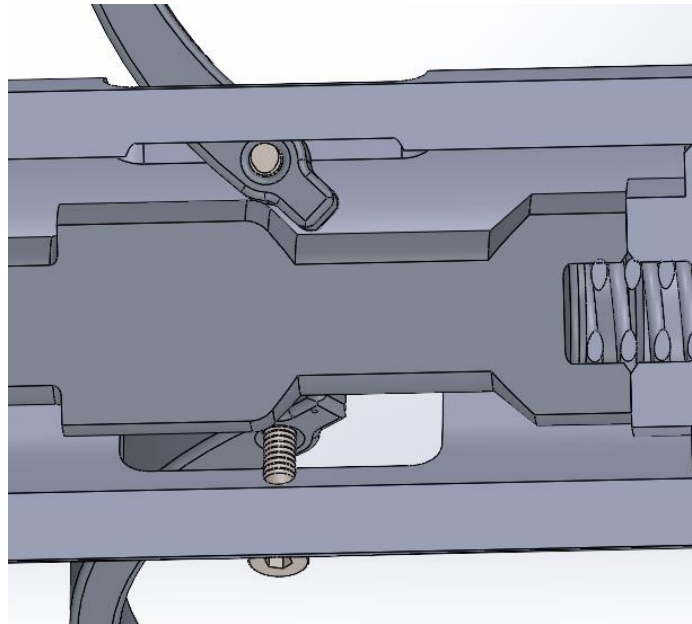


*Figura 88. Posición inicial del Gatillo.*

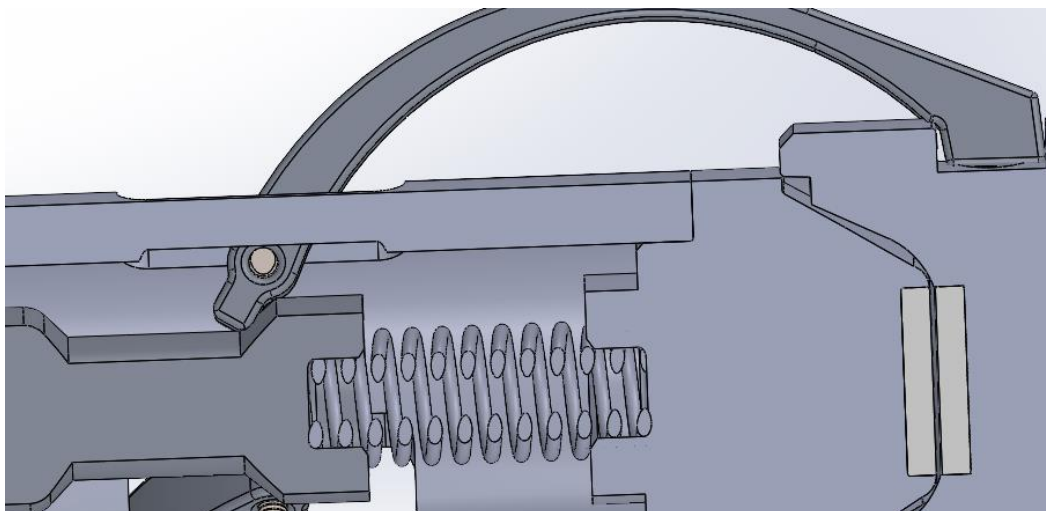


*Figura 89. Posición final del Gatillo.*

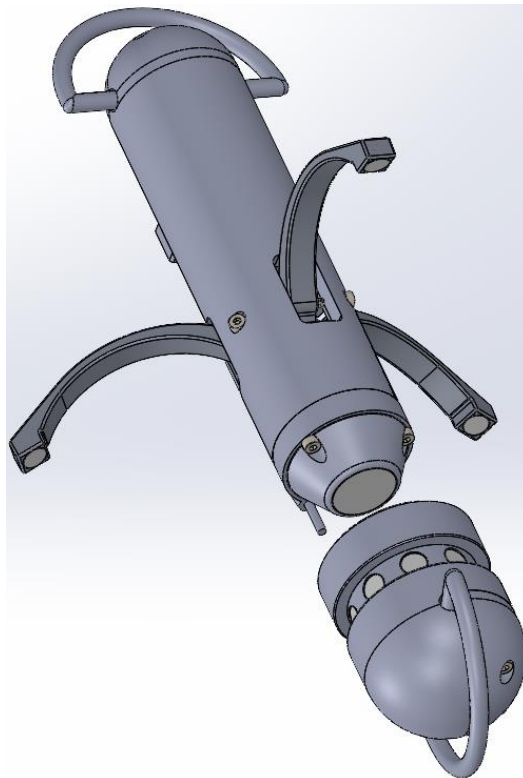
Esta liberación del Gatillo sucede de manera simultánea al cambio de posición de las Garras, desde su posición de reposo hasta su posición de cierre alrededor de la pieza Anclaje pasivo. Esta acción ocurre gracias a la geometría que posee el Árbol con Gatillo, la cual permite al avance de este mover las Garras a su posición de cierre y a su retroceso colocarlas en posición de reposo tal y como se muestran en las figuras a continuación.



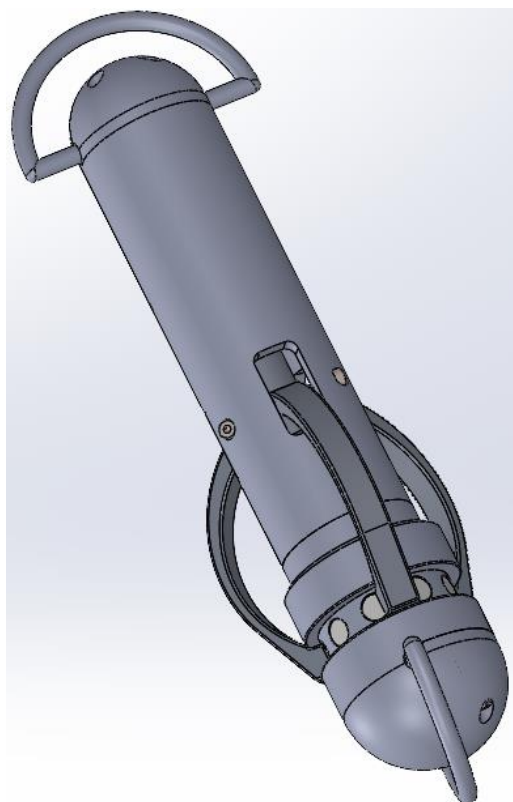
*Figura 90. Posición inicial del Árbol con Gatillo y las garras.*



*Figura 91. Posición inicial del Árbol con Gatillo y las garras.*



*Figura 92. Posición inicial de las garras.*



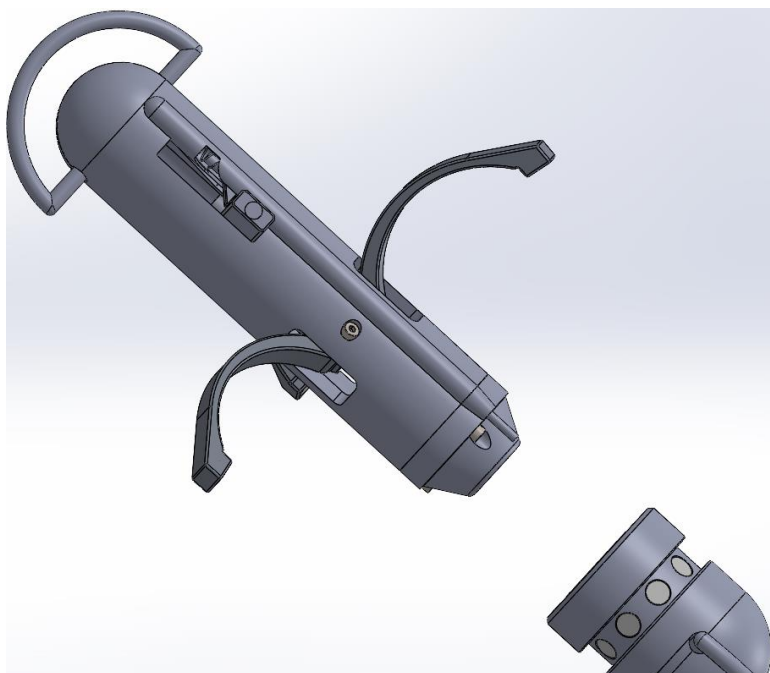
*Figura 93. Posición final de las garras.*

Finalmente, para realizar la acción de desacoplamiento o liberación del animal, se deberá empujar mediante un dedo el gatillo hacia su posición inicial, lo que se traducirá en la liberación del subsistema inferior por parte de las garras y su retorno a la posición de partida.

Una vez retiradas las garras y manteniendo la presión sobre el gatillo en su posición inicial, se estirará del subsistema superior desacoplándolo así de la unión magnética que lo mantenía unido al subsistema inferior, liberándose de este modo la pieza Árbol con Seguro y retornando a su posición inicial o de bloqueo del gatillo.



*Figura 94. Empuje del gatillo y apertura de garras.*

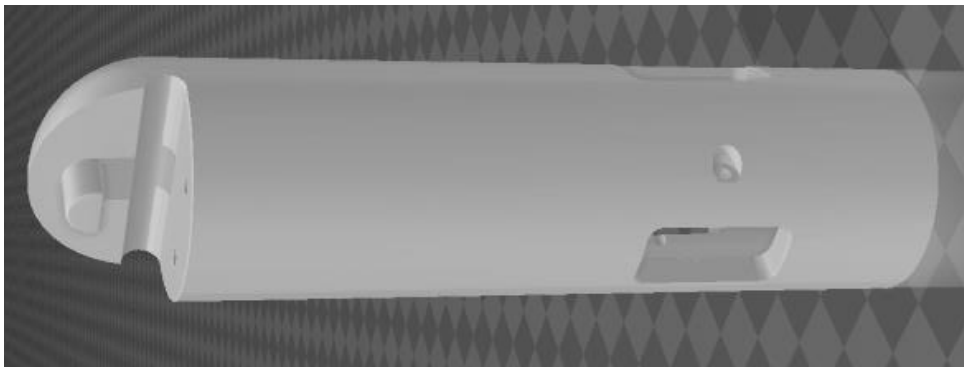


*Figura 95. Separación de los subsistemas y retorno del Seguro a posición de inicio.*

### III.3 Prototipado e impresión 3D de la maqueta

En el siguiente apartado se van a explicar todos los pasos y procesos que han sido llevados a cabo para convertir los modelos finales de las distintas piezas del mosquetón en elementos imprimibles. También se citan los materiales para la generación de los modelos, los parámetros para la impresión, así como una breve descripción de las máquinas utilizadas para su generación y postprocesado.

En primer lugar, para la conversión del modelo CAD en un archivo de formato binario entendible por el programa de laminado, en este caso Cura, se convirtieron todos los archivos .sldw a .stl. Este es el formato estándar de transmisión de datos más utilizado en la industria del prototipado rápido. Mediante dicho formato se consigue traducir cualquier geometría a un conjunto de triángulos los cuales se aproximan a la superficie de la figura. De esta forma se logra una simplificación matemática de cualquier diseño CAD, convirtiéndolo en un archivo computable por cualquier programa de modelado y o laminado 3D.

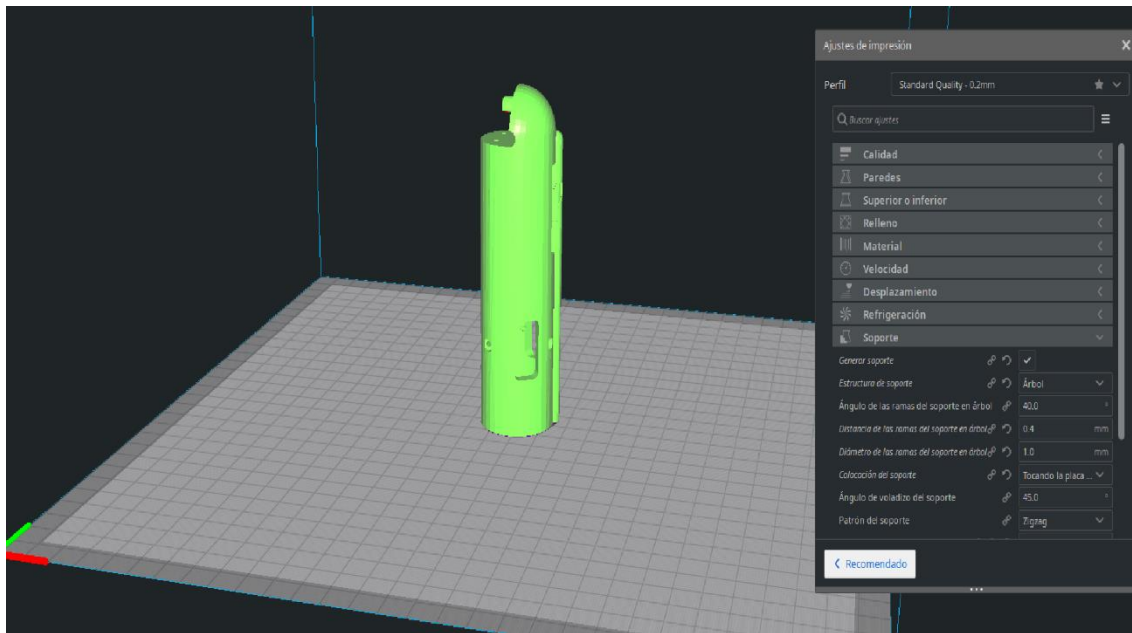


*Figura 96. Captura del modelo STL de la pieza Carcasa.*

Una vez realizada esta conversión a formato binario, se utiliza el programa de laminación Cura. Como su nombre indica, convierte este archivo .stl en un código de coordenadas cartesianas o GCODE. Laminando la pieza de forma que la máquina la va completando, depositando capa sobre capa de material fundido. Dicho código contiene todos los desplazamientos, temperaturas, velocidades y parámetros de refrigeración que debe de tener en cuenta la máquina en cuestión para generar la pieza diseñada. A continuación, se explicará el procedimiento seguido paso a paso mediante capturas tomadas sobre el propio programa.

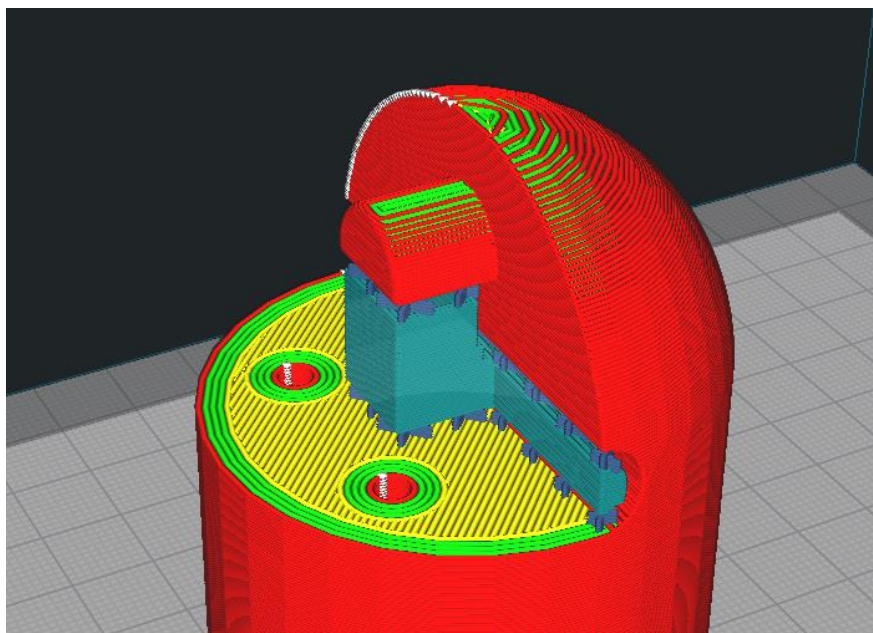
En primer lugar, se insertó el archivo .stl al programa CURA. La pieza con la que se explicará el proceso de impresión será la *Carcasa* en todo momento.





*Figura 97. Entorno 3D del programa CURA con la pieza Carcasa centrada.*

Una vez cargados los gráficos y posicionada la pieza en el centro de la plataforma o cama caliente, se hace uso de la herramienta de generación de soportes para formular una primera simulación de la posición de todos los soportes que el programa considere necesarios para que esta pieza se pueda imprimir en condiciones ideales.

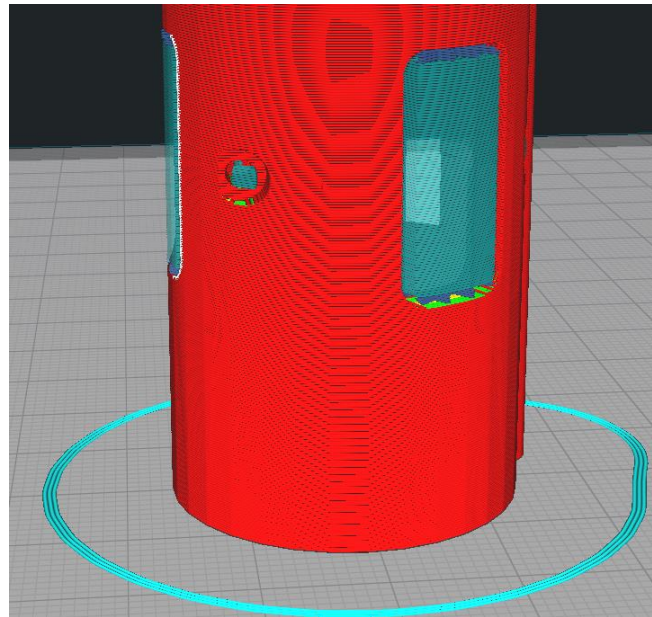


*Figura 98. Simulación de la geometría de apoyo (azul) y la pieza Carcasa ( rojo, verde y amarillo).*

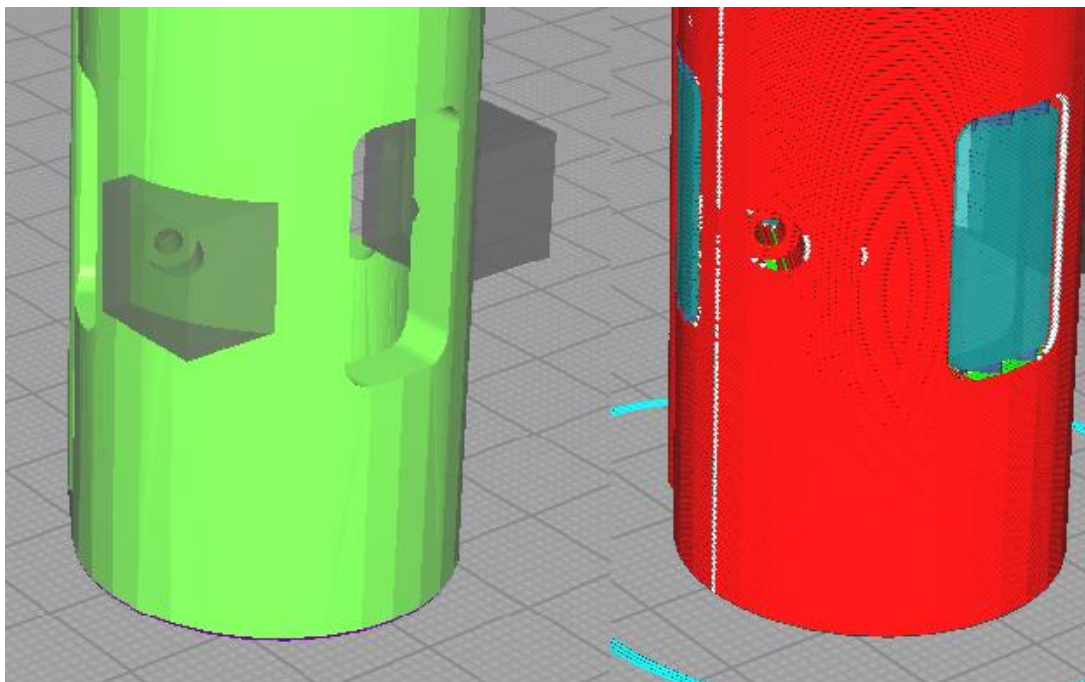
A continuación, se procedería a indicarle al programa las secciones de la pieza por las cuales no debe de generarse este soporte, ya que podría ser muy compleja su extracción, comprometiendo la integridad de la pieza en si o porque es innecesario que se genere en ese



punto concreto. En la figura a continuación se puede ver la diferencia entre el antes de aplicar esta prohibición y una vez aplicada. En este caso concreto coincidía con 3 orificios para tornillería los cuales no precisan de soporte para generar una geometría correcta.



*Figura 99. Pieza con simulación de soportes inicial.*



*Figura 100. A la derecha en color gris oscuro, los bloqueos de soporte, a la derecha las secciones señaladas sin soporte.*

Para poner en contexto de los parámetros que se van a exponer a continuación es preciso explicar que la máquina utilizada para generar esta pieza ha sido una impresora 3D FDM, Creality CR-10, con boquilla del extrusor de 0.4mm y filamento PLA con temperatura de fusión de 220°C.

- Para comenzar, el primer parámetro para tener en cuenta fue el de la calidad de la pieza, debido a que debía ser una pieza sencilla y sin necesidad de resistir carga, se escogió una calidad de 0,2mm de altura de capa, siendo esta la segunda más fina que permite esta máquina con este tipo de boquilla.
- El grosor de las paredes, tanto superiores e inferiores como laterales, se estipuló 4 pasadas de la boquilla para lograr una estructura sólida y que resistiese el peso de todo el conjunto sin desmoronarse al montar la maqueta.
- El siguiente parámetro que se programó fue la densidad de relleno, la cual se estipuló en un 40% debido a que se trata de una figura esbelta y con facilidad de quebrarse en caso de realizarse con menor cantidad de material. El patrón seleccionado fue el cúbico, patrón que genera un mallado interno formado por prismas tridimensionales superpuestos entre sí.

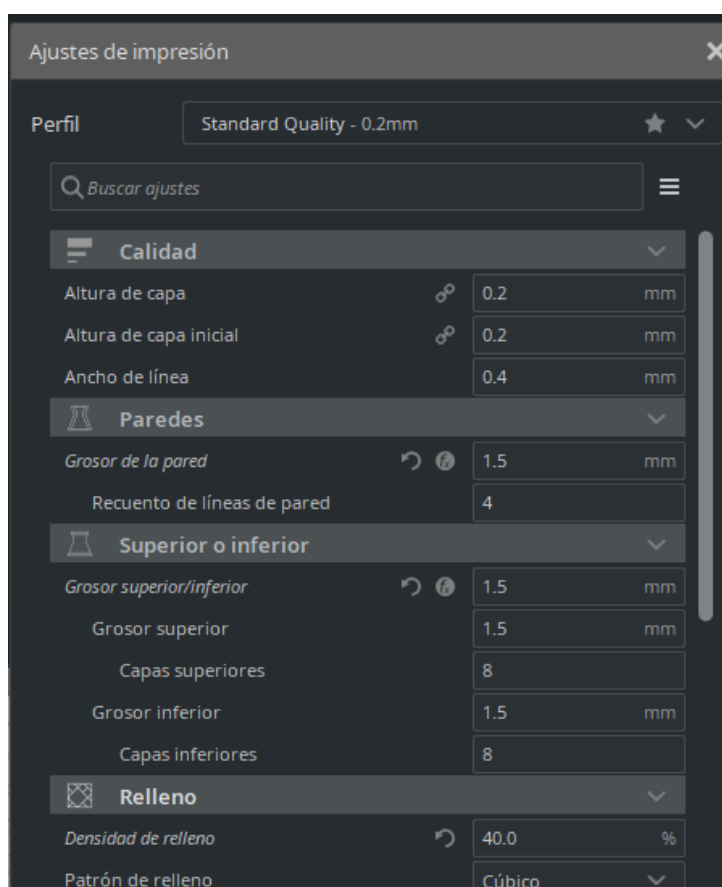
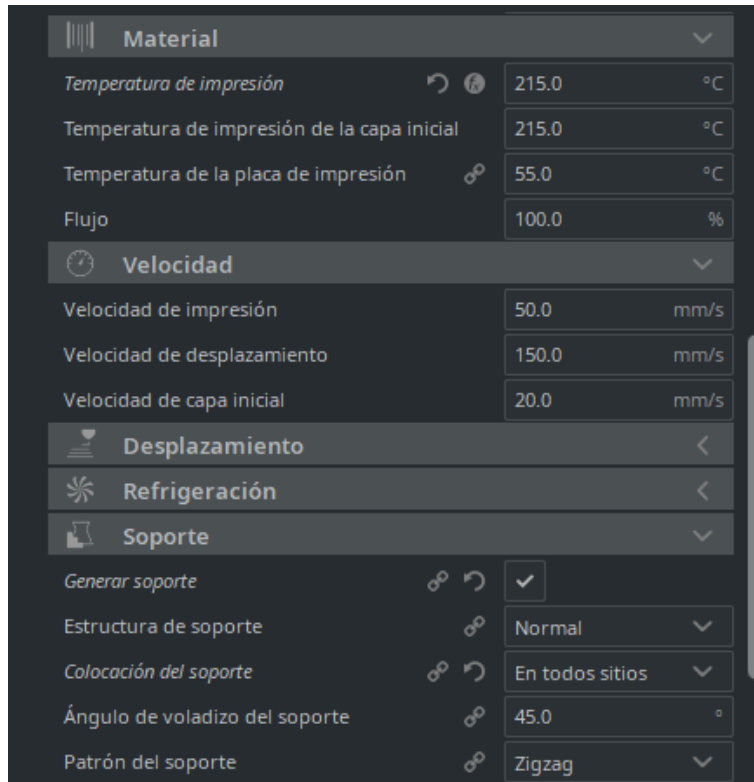


Figura 101. Primera parte de los parámetros del Cura.

- El material, como se ha adelantado en el primer párrafo, es PLA, por lo que su temperatura de fusión será 215°C, así como de adhesión a la cama caliente de 55°C, han sido determinados por el usuario de la máquina en conjunto con las recomendaciones del fabricante de este material. Ya que para cada máquina estos parámetros de temperatura del filamento son distintos, debido a condiciones propias del extrusor de la máquina y o condiciones ambientales.
- La velocidad de impresión y flujo son parámetros que el programa contiene predefinidos para cada máquina, los cuales en este caso concreto no se han alterado debido a que son los idóneos para este tipo de material y de geometría de pieza.
- El apartado de generación de soporte se ha programado para que la generación de esta estructura auxiliar dote de soporte a las secciones que se encuentran en voladizo o a una inclinación superior a los 45°, logrando así que toda la pieza se genere sin desprendimientos

intermedios. El patrón de soporte es zigzag debido a su facilidad de extracción una vez finalizada la impresión.



Material	
Temperatura de impresión	215.0 °C
Temperatura de impresión de la capa inicial	215.0 °C
Temperatura de la placa de impresión	55.0 °C
Flujo	100.0 %

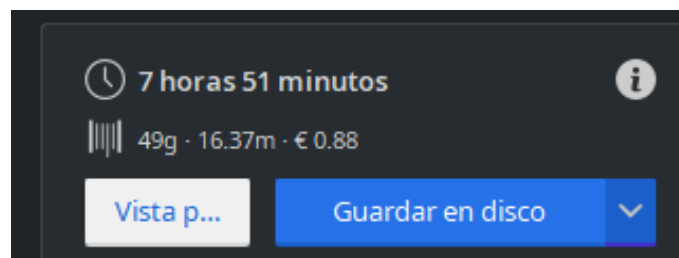
Velocidad	
Velocidad de impresión	50.0 mm/s
Velocidad de desplazamiento	150.0 mm/s
Velocidad de capa inicial	20.0 mm/s

Desplazamiento	
Refrigeración	

Soporte	
Generar soporte	<input checked="" type="checkbox"/>
Estructura de soporte	Normal
Colocación del soporte	En todos sitios
Ángulo de voladizo del soporte	45.0 °
Patrón del soporte	Zigzag

Figura 102. Segunda parte de los parámetros del Cura.

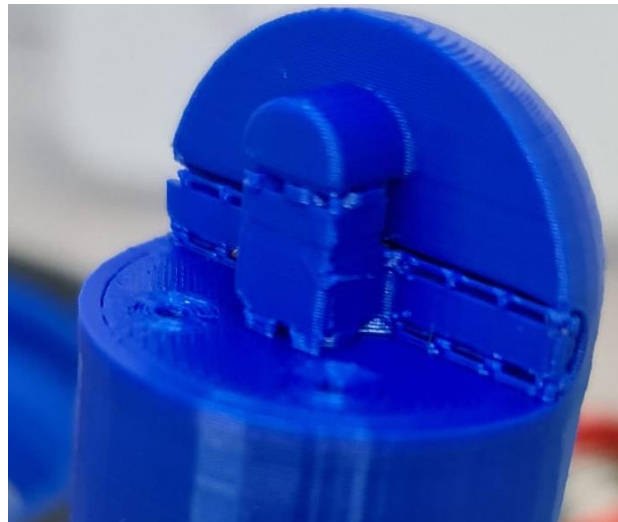
- Finalmente, una vez todos los parámetros han sido computados el programa genera una estimación del tiempo, material y coste que conllevará la generación de esta pieza. Tras ello se genera el archivo GCODE mediante el botón *Guardar en disco*, introducirlo en una tarjeta de memoria e insertarlo en la máquina para su generación.



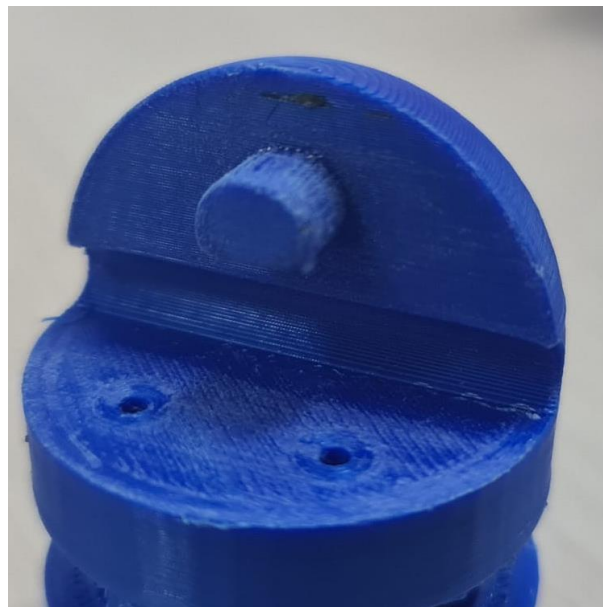
7 horas 51 minutos  
 49g · 16.37m · € 0.88  
 Vista p... Guardar en disco

Figura 103. Estimación del tiempo de procesado de la pieza, coste aproximado y cantidad en gramos y metros de material que se usará.

Tras la generación del modelo será preciso retirarle los soportes y mediante una lija no inferior a 280, para evitar destrucción de las capas superficiales, limar todo resto de estructura auxiliar que reste en el modelo. Así se consigue que las distintas piezas puedan ser insertadas sin generar demasiada fricción entre ellas.



*Figura 104. Imagen de la pieza y los soportes recién terminada la impresión.*



*Figura 105. Imagen de la pieza tras retirarle los soportes y aplicarle un lijado fino.*

### III.4 Presupuesto

Este apartado contiene todos los costes aproximados de fabricación, materiales, componentes y mano de obra para el ensamblaje necesarios para la generación de este proyecto. La mayoría de los datos han sido obtenidos a partir de simulaciones en los distintos programas sobre los que se ha apoyado este proyecto, así como de catálogos comerciales y consultas realizadas a especialistas.

Seguidamente se encuentra el desglose de todos los elementos que conforman el mosquetón con su precio estimado de fabricación y o adquisición teniendo en cuenta el dato del lote de las diez mil unidades a fabricar que se expuso en apartados anteriores :

- **Materia prima Aluminio 357 T6**

Los precios siguientes contienen los gastos de envío y el IVA.

- Para fundir:

El precio del kilogramo de este material es de 2.25 €/Kg. Teniendo en cuenta que la suma de todas las piezas que se conforman mediante moldeo es de: 106g a lo que hay que añadir un 10% extra ya que se generan perdidas a la hora de depositar el metal fundido. Por lo tanto, se precisan 1166 Kg de aluminio para generar las piezas de fundición, lo que se traduce en un precio de **2.740,10 €**.

- Para torneado:

El precio de las varillas de metal de diámetro 16mm, de 800mm de longitud, por lo tanto, serán necesarias 834 unidades para realizar las 10.000 piezas, con un coste de **16.255,18€**.

Y el precio de la varilla de diámetro 5 mm y una longitud de 600mm. Serán necesarias 1.666 unidades para realizar las piezas Árboles con Seguro, con un precio final de **19.325,2€**.

- Para corte por láser:

Plancha de 7mm de espesor, 1000mm de largo y 1000mm de ancho, es apta para fabricar 200 unidades de garra, 800 unidades de embellecedor y 400 de Gatillo aproximadamente, por lo que, para fabricar 30.000 Garras, 10.000 embellecedores de gatillo y 10.000 gatillos serán necesarias 190 unidades de plancha con un precio de **14.678,9€**.

Distribuidor	Material	Cantidad (Ud.)	Precio Ud. (€)	Precio Total (€)
Fabrica	Aluminio 357 T6	1166 Kg	2.25	2740.1
MW materials World	Varillas de Aluminio 357 T6, 16x800mm	834	19.49	16255
MW materials World	Varillas de Aluminio 357 T6, 5x600mm	1666	11.60	19325.2
Granado ESP	Plancha de Aluminio 357 T6, 7x1000x1000mm	190	77.26	14678.9
<b>Total</b>				<b>52999.2</b>

Tabla 1. Precios de materiales.

- **Fabricación de las piezas:**

Para la estimación de los costes de fabricación se han utilizado los datos extraídos de la simulación mediante SolidWorks para la fabricación de cada pieza, combinados con los datos de distintas empresas que realizan este tipo de trabajos.

- El precio de moldeado no se ha podido estimar completamente ya que se divide en tiempo de fragua y el trabajo del operario para realizar el molde en cera y arena y verter el metal fundido, por lo que se tendrá en consideración en este punto el precio de la fragua el cual es de **32€/hora**.
- El precio medio de uso de un torno es de **45€/hora**.
- El corte por láser tiene un precio medio de máquina de **30€/hora**.
- El fresado tiene un coste de **47€/hora**.
- El tratamiento superficial conlleva un coste de **50€/hora**.

Operaciones	Cantidad (horas)	Precio Ud. (€/h)	Precio Total (€)
Moldeado	500	32.00	16000
Torneado	500	45.00	22500
Corte por laser	500	30.00	15000
Fresado	500	47.00	23500
Tratamiento superficial	500	50.00	25000
Ensamblaje	28	30	840
Empaquetado	17	30	510
<b>Total</b>			<b>103350</b>

Tabla 2. Precios de procesos.

- **Elementos estandarizados:**

- Imanes:
  - Imán con 15mm de diámetro y 2,5mm de espesor con contante de magnetización N38 tiene un precio para 20.000 unidades de **5000€**.
  - El imán de diámetro 6mm y espesor de 2,5mm, para un pedido de 120.000 unidades de **18.000€**.
- Muelles:
  - El Muelle 1 se corresponde con la serie del catálogo de Springsmarket y tendrán el lote de 10.000 un precio de **40.080€**.
  - El Muelle 2 se corresponde con la serie del catálogo de Springsmarket y tendrán un precio 10.000 unidades de **30.080€**.
- Tornillería M2x20mm:



El precio de 200 unidades de este tornillo de acero con rosca métrica A2x70 y niquelado es de 3,5€. Utilizando a razón de 11 tornillos por mosquetón, se precisarán 550 lotes de esta cantidad, con un precio de **1.925€**.

- Adhesivo:

Este elemento fungible será esencial para el pegado de la pieza Seguro con su correspondiente árbol, precisando para dicha operación una sola gota de pegamento, que es igual a 0.05 mililitros. Para esta operación se hará uso del pegamento Loctite 420, muy utilizado en modelismo y en el sector de los audífonos por su velocidad de secado y sobre todo por su fuerza de unión entre materiales metálicos y poliméricos. Para este montaje se emplearán 25 botes de este adhesivo, cada uno contiene 20mL. El precio total del adhesivo será de **800€**.

Distribuidor	Elemento normalizado	Cantidad (Ud.)	Precio Ud. (€)	Precio Total (€)
Supermagnete.com	Imán 15x2.5mm	20000	0.25	5000
Supermagnete.com	Imán 6x2.5mm	120000	0.15	18000
Springsmarket.com	Muelle 1	10000	4.008	40080
Springsmarket.com	Muelle 2	10000	3.108	31080
entaban.es	Tornillería M2x20mm lote 200 ud.	550	3.50	1925
Loctite	Adhesivo loctite 420	25	32	800
Tamayoycia.com	Embalaje caja seligrafiaca de 250x100x100mm	10000	0.50	5000
onlineprinters.es	Instrucciones para el usuario	10000	0.1	1000
<b>Total</b>				<b>102885</b>

Tabla 3. Precios de Elementos normalizados.

Con todo este desglose de precios, y teniendo en consideración la imposibilidad de calcular precisamente el tiempo de cortado láser, ni de moldeo, ni de torneado de las 10.000 unidades, se ha estimado para estos tanto tiempo de máquina como operario de 500 horas, realizando 20 piezas a la hora o lo que es igual a 3 meses a jornada completa de trabajo. Con estos datos se puede tomar como bueno el valor total de fabricación de este lote:

Apartado	Coste (€)
Material	52999.2
Elementos normalizados	102885
Fabricación	103350
<b>Total</b>	<b>259234</b>

Tabla 4. Presupuesto de fabricación.

A continuación, se muestra la estimación del precio de venta al público del mosquetón. Mediante la inclusión del beneficio del 10% que se percibiría por cada unidad, el coste de la distribución, el cual se ha obtenido mediante consulta a la empresa de transporte urgente Nacex para un bulto de las dimensiones del embalaje, y finalmente el IVA normal del 21%.

Precio de venta al público	Coste (€)
Precio de fabricación de cada unidad	25.92
Coste de distribución	5.00
Beneficio (10%)	2.59
Total Neto	33.52
IVA (21%)	7.04
<b>PVP</b>	<b>40.55</b>

*Tabla 5. Precio final para cliente.*

### III.5 Conclusiones

Como resumen final del proyecto, es necesario hacer recopilación de todos los resultados que mediante la generación de este trabajo de final de grado se han logrado y expuesto.

Con este trabajo se ha buscado generar una alternativa optima para los mosquetones tradicionales de mascota que se pueden encontrar en cualquier tienda. Teniendo siempre en mente los distintos modelos generados por los competidores dentro del sector, así como sus funcionamientos y características. Mediante esta alternativa, el cliente podrá elegir un modelo el cual le brinde las mismas funciones que un mosquetón convencional, pero con un aliciente extra, ya que será capaz de acoplar a su animal a la correa sin necesidad de agacharse a realizar esta acción, simplemente con realizar una aproximación al arnés del animal será suficiente, este es el rasgo característico y que diferencia a esta solución de la competencia que existe actualmente en el mercado.

Además de cumplir con la resistencia a tensión que se le exige, también se ha logrado el objetivo de crear un modelo que cumpla una función estética y vanguardista dentro de este mercado, y a su vez respetuosa con el medio ambiente y con los seres que deben interactuar con ella sin producirles daños. Conjuntamente a esto, el artilugio cumple con los objetivos de volumen y peso especificados al inicio de la memoria, habiendo logrado un diseño compacto y que cumple de manera óptima con las funciones que se le precisan manteniendo un diseño de disensiones comedidas, el cual no resulta molesto al ser portado.

Por lo tanto, observando los datos proporcionados por la simulación de este conjunto, se puede asegurar que este elemento cumplirá con la fuerza ultima de ruptura del arnés comercial (1295N) más extendido del mundo, por lo que podrá tener una vida útil larga soportando cualquier estirón producido por la mascota, obteniendo un coeficiente de seguridad medio superior a 7, el cual garantiza la resistencia de todas las piezas involucradas.



Finalmente, recalcar el hecho de que se trata de un sistema con un diseño único, con la misma resistencia que la competencia, y un precio algo más elevado, pero a su vez con la característica diferencial que es su cierre autónomo, el cual es el mayor aliciente que posee este artículo frente al resto de su competencia.

## IV. Bibliografía

- [1] PetHardware, «PetHardware.com,» Mayo 2021. [En línea]. Available: <https://www.pethardware.com/es/mosquetones-grandes/mosqueton-42/>.
- [2] Kimjee, «cnkimjee.com,» Junio 2021. [En línea]. Available: <https://cnkimjee.com/>.
- [3] SpeedDog, «SpeedDog.com,» Junio- 2021. [En línea]. Available: <https://www.speeddog.com/mosquetones-cuerdas>.
- [4] M. S. Meana, «Mosquetones de seguridad: un poco de claridad.,» *Sal & Roca*, 2018.
- [5] GVA, «Relació d'establiments veterinaris autoritzats per la Conselleria de Sanitat,» Comunidad Valenciana, 2021.
- [6] MAPFRE, «Relación de Centros Veterinarios Colaboradores Cobertura de Asistencia Veterinaria,» Comunidad Valenciana, 2019.
- [7] «El presente y futuro del sector clínico veterinario,» *Diario Veterinario*, 27 Diciembre 2019.
- [8] LP, «¿Cuántos perros hay en tu municipio?,» *Las Provincias*, 17 Julio 2020.
- [9] J. J. Mark, «A Brief History of the Dog Collar,» *World History Encyclopedia*, 18 Septiembre 2020.
- [10] SEV, «Societat Excursionista de València,» 2020. [En línea]. Available: <https://blog.societatexcursionistadevalencia.org/societat-excursionista-de-valencia/historia-y-evolucion-del-material-de-escalada/>.

- [11] Factory Made, «¿Cómo se fabrican los mosquetones?,» FREEMAN, 2018.
- [12] ANSYS, «ANSYS,» [En línea]. Available: [https://integralplm.com/ANSYS/?utm\\_source=adwords&utm\\_medium=cpc&utm\\_campaign=PLM\\_ANSYS&gclid=Cj0KCQjw8vqGBhC\\_ARIsADMSd1AS9qdggcq5UyMcR4g\\_H4iWVWsX5wRM7xJT p6ZHYutq172C07ZM3-waAtNVEALw\\_wcB](https://integralplm.com/ANSYS/?utm_source=adwords&utm_medium=cpc&utm_campaign=PLM_ANSYS&gclid=Cj0KCQjw8vqGBhC_ARIsADMSd1AS9qdggcq5UyMcR4g_H4iWVWsX5wRM7xJT p6ZHYutq172C07ZM3-waAtNVEALw_wcB). [Último acceso: Mayo 2021].
- [13] GRANTA, «grantadesign.com,» GRANTA, 2018. [En línea]. Available: [https://www.grantadesign.com/download/pdf/edupack2018/overview\\_spa.pdf](https://www.grantadesign.com/download/pdf/edupack2018/overview_spa.pdf). [Último acceso: Junio 2021].
- [14] 3D SYSTEMS, «3dsistems.com,» [En línea]. Available: <https://es.3dsystems.com/quickparts/learning-center/what-is-stl-file>.
- [15] SolidWorks, «solidworks.com,» Dassault Systems, [En línea]. Available: <https://www.solidworks.com/es>. [Último acceso: Abril 2021].
- [16] Ultimaker, «Ultimaker Cura,» [En línea]. Available: <https://ultimaker.com/es/software/ultimaker-cura>. [Último acceso: Abril 2021].
- [17] Wikipedia, *Imán de Neodimio*.
- [18] Imanes 123, «Imanes de Neodimio, información,» 2020.
- [19] Supermagnete, «supermagnete.es,» [En línea]. Available: <https://www.supermagnete.es/iman-es-disco-neodimio?length-or-diameter=15.00,17.00&height=2.50,4.00>. [Último acceso: Julio 2021].
- [20] SpringMakers, «springmakers.es,» [En línea]. Available: <https://www.springmakers.net/es/587-compresion?longitud-libre=19.1-32.05&diametro-exterior=0-9.95>. [Último acceso: julio 2021].
- [21] Tornillo de cabeza hexagonal DIN912 Métrico, «AliExpress,» [En línea]. Available: [https://es.aliexpress.com/item/32947495649.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.5cf475eevN8jTF&algo\\_pvid=40a18349-cf21-43ad-96fd-a5360fd4695a&algo\\_exp\\_id=40a18349-cf21-43ad-96fd-a5360fd4695a-14](https://es.aliexpress.com/item/32947495649.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.5cf475eevN8jTF&algo_pvid=40a18349-cf21-43ad-96fd-a5360fd4695a&algo_exp_id=40a18349-cf21-43ad-96fd-a5360fd4695a-14). [Último acceso: Junio 2021].
- [22] J. Carlos, «Corte laser taller de mecanizados,» Miliamperios.
- [23] VG Económica, «PRECIOS PÚBLICOS 2018,» 2018.

- [24] Tierschutz Konform, «Tierschutzkonform.at,» [En línea]. Available: <https://www.tierschutzkonform.at/produkt/idc-powergeschirr/>.
- [25] «Julius-K9,» [En línea]. Available: <https://julius-k9.com/es/inspeccion-de-bienestar-animal/>.